

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ НЕЧЕТКОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Катюха И. А.

Таврический государственный агротехнологический университет

Проведено расчетное исследование эффективности разработанной методики краткосрочного прогнозирования потребления электрической энергии. Выполнено сравнение качества краткосрочного прогнозирования по степени совпадения и среднемодульной относительной погрешности в течение выборки данных, охватывающей трехлетний период.

**Постановка проблемы.** В условиях современного энергорынка важное значение имеет создание системы прогнозирования потребления электроэнергии. Предложенная методика [1] нуждается в проверке и определении, насколько численно изменяются показатели качества прогноза в зависимости от глубины.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время методами прогнозирования электроэнергии занимается множество ученых. Изучены работы ведущих ученых в области прогнозирования таких, как Меламед А. М., Hobbs В. F., Гордиенко Е. К., Шумилова Г. П., Готман Н. Э., Старцева Т. Б. [2-4]. Все они отмечают сложность и многогранность составления прогноза энергопотребления.

**Цель статьи.** Провести расчетное исследование эффективности разработанной методики краткосрочного прогнозирования потребления электрической энергии.

**Основные материалы исследования.** Исследование проводилось в двух вариантах. Первый вариант подразумевает разработку долгосрочной прогнозной зависимости по результатам обработки данных по электропотреблению за предыдущий год. Второй вариант предполагает использование разработанной в предыдущем варианте долгосрочной прогнозной модели, коррекции ее и оценки качества краткосрочного прогноза на выборке исходных данных, не участвовавших в разработке долгосрочной модели.

Для первого варианта исследования данные по электропотреблению предприятия за 2013 год были обработаны с помощью усовершенствованного нечеткого регрессионного анализа и получены зависимости для долгосрочного прогноза с показателями качества: степень совместимости  $m=0,53$ , степень неопределенности  $d=0,51$ ,  $MAPE=12,26\%$ . При этом 91 % данных попало в пределы нечеткости модели. Эти зависимости использовались для коррекции и применения для краткосрочного прогноза. Коррекция осуществлялась на основании данных по электропотреблению за две недели, предшествующих текущей дате. Оценка качества краткосрочного прогноза проводилась для глубины прогноза 1-7 дней от текущей даты. Таких расчетов проведено 24 – для двух дат каждого месяца 2013 года (с интервалом 15 дней), чтобы охватить весь годовой цикл. Результаты по этим расчетам усреднены и отражают среднее качество прогноза за год (табл. 1, рис. 1).

В результате коррекции долгосрочных прогнозных моделей степень неопределенности прогноза существенно (на 18,8%) ниже (рис. 1а)), чем у долгосрочной модели, а степень совместимости увеличилась незначительно (рис. 1б)). Это свидетельствует о

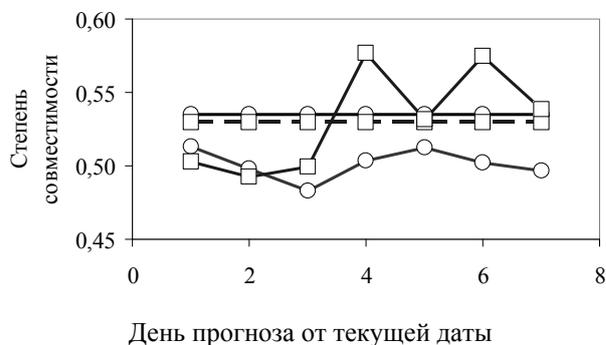
повышении качества прогноза. Косвенно это подтверждает и снижение оценки  $MAPE$  до 10,31 %.

Таблица 1 – Результаты проверки качества краткосрочного прогноза на выборке за 2013 г

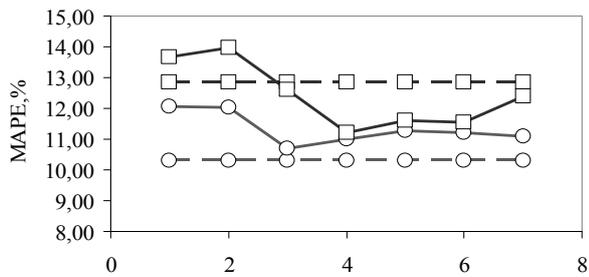
Глуб. прогн., дни	Краткосрочный					Долгосрочный				
	По выборке			Реально		По выборке			Реально	
	d	m	MAPE	m	MAPE	d	m	MAPE	m	MAPE
1	0,43	0,54	10,31	0,51	12,05	0,53	0,53	12,86	0,50	13,68
2	0,43	0,54	10,31	0,50	12,02	0,53	0,53	12,86	0,49	13,98
3	0,43	0,54	10,31	0,48	10,69	0,53	0,53	12,86	0,50	12,59
4	0,43	0,54	10,31	0,50	11,00	0,53	0,53	12,86	0,58	11,22
5	0,43	0,54	10,31	0,51	11,28	0,53	0,53	12,86	0,53	11,62
6	0,43	0,54	10,31	0,50	11,20	0,53	0,53	12,86	0,57	11,55
7	0,43	0,54	10,31	0,50	11,10	0,53	0,53	12,86	0,54	12,41



—○— Краткосрочный прогноз по корректирующей выборке  
 - □ - Долгосрочный прогноз



—○— Краткосрочный прогноз по корректирующей выборке  
 ○— Краткосрочный прогноз по корректирующим дням  
 —□— Долгосрочный прогноз  
 □— Долгосрочный прогноз по текущим дням

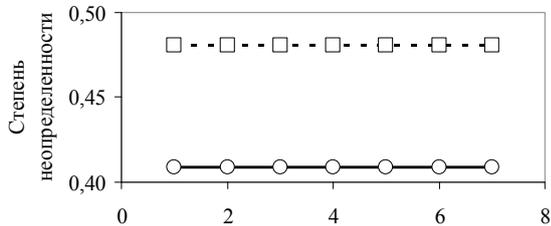


- День прогноза от текущей даты
- Краткосрочный прогноз по корректирующей выборке
- Краткосрочный прогноз по корректирующим дням
- Долгосрочный прогноз
- Долгосрочный прогноз по текущим дням

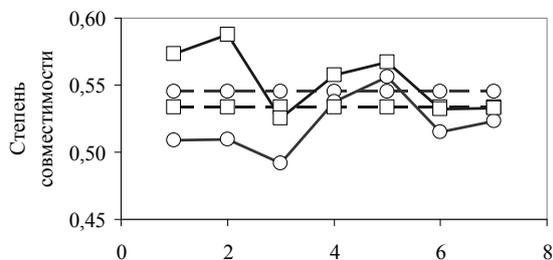
Рисунок 1 – Результат исследования качества краткосрочной прогнозной модели на выборке данных за 2013 год

Оценка качества прогноза показала, степень совместности модели в режиме прогноза за первые два дня от текущей даты выше, чем у долгосрочной модели, а *MAPE* изменяется от 10,69 до 12,05 %, что чуть выше, чем по корректирующей выборке, но ниже, чем в долгосрочной модели.

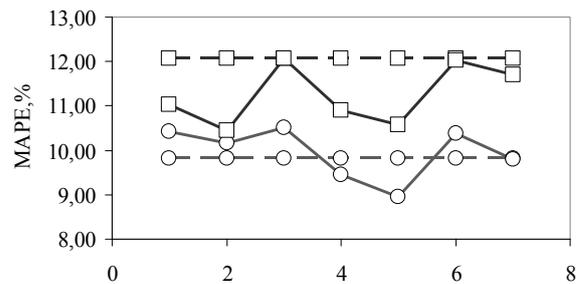
Во втором варианте использованы данные АСКУЭ за 2012 г. и 2014 г. Результаты, приведенные в табл. 2, 3, на рис. 2,3 показывают, что при несущественных изменениях в технологическом процессе предприятия, разработанная методика адаптации является эффективной.



- День прогноза от текущей даты
- Краткосрочный прогноз по корректирующей выборке
- Долгосрочный прогноз



- День прогноза от текущей даты
- Краткосрочный прогноз по корректирующей выборке
- Краткосрочный прогноз по корректирующим дням
- Долгосрочный прогноз
- Долгосрочный прогноз по текущим дням

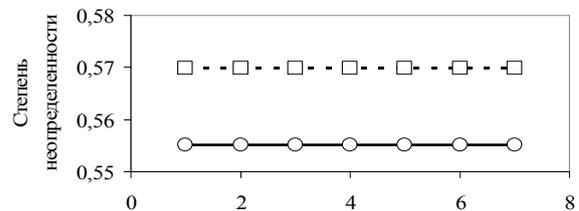


- День прогноза от текущей даты
- Краткосрочный прогноз по корректирующей выборке
- Краткосрочный прогноз по корректирующим дням
- Долгосрочный прогноз
- Долгосрочный прогноз по текущим дням

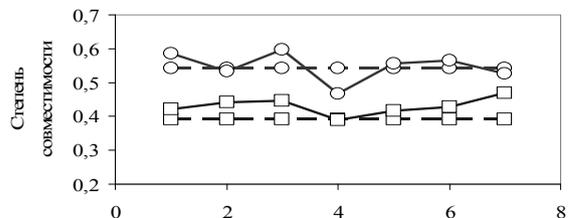
Рисунок 2 – Результат исследования качества краткосрочной прогнозной модели на данных за 2012 год

Таблица 3 – Результаты проверки качества краткосрочного прогноза на выборке за 2014 г

Глуб. прогн., дни	Краткосрочный					Долгосрочный				
	По выборке			Реально		По выборке			Реально	
	d	m	MAPE	m	MAPE	d	m	MAPE	m	MAPE
1	0,56	0,54	13,81	0,59	12,26	0,57	0,39	20,50	0,42	19,25
2	0,56	0,54	13,81	0,53	12,12	0,57	0,39	20,50	0,44	17,52
3	0,56	0,54	13,81	0,60	10,73	0,57	0,39	20,50	0,45	16,11
4	0,56	0,54	13,81	0,47	14,00	0,57	0,39	20,50	0,39	20,00
5	0,56	0,54	13,81	0,56	11,62	0,57	0,39	20,50	0,42	18,22
6	0,56	0,54	13,81	0,57	11,36	0,57	0,39	20,50	0,43	18,29
7	0,56	0,54	13,81	0,53	12,58	0,57	0,39	20,50	0,47	17,30



- День прогноза от текущей даты
- Краткосрочный прогноз по корректирующей выборке
- Долгосрочный прогноз



- День прогноза от текущей даты
- Краткосрочный прогноз по корректирующей выборке
- Краткосрочный прогноз по корректирующим дням
- Долгосрочный прогноз
- Долгосрочный прогноз по текущим дням

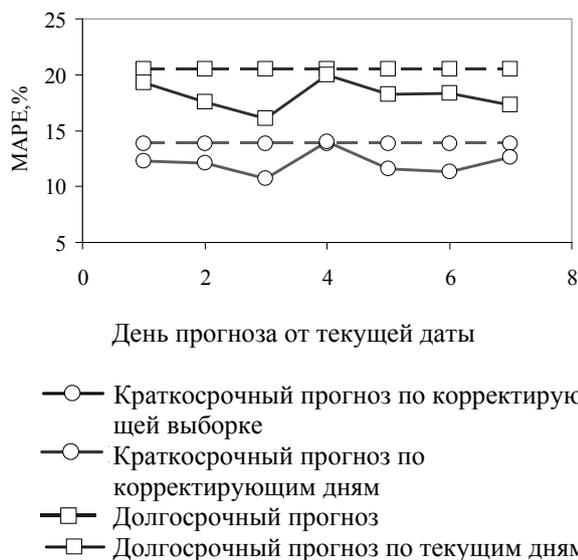


Рисунок 3 – Результат исследования качества краткосрочной прогнозной модели на выборке данных за 2014 год

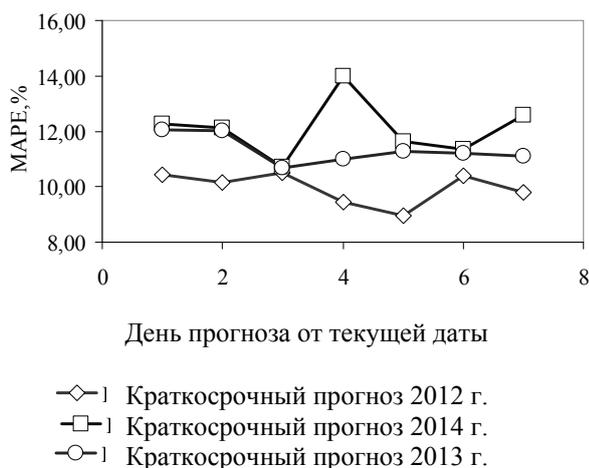
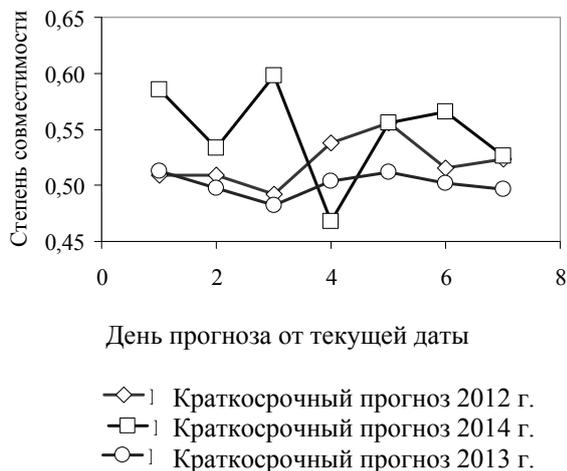


Рисунок 3 – Результат сравнительного анализа качества краткосрочной прогнозной модели на выборке данных за три года

**Выводы.** Сравнение качества краткосрочного прогнозирования по степени совпадения и среднемо-

дульной относительной погрешности в течение выборки данных, охватывающей трехлетний период (рис. 3) показывает, что указанные показатели достаточно стабильны. Степень совместимости в среднем увеличилась на 0,019 и 0,046, а MAPE уменьшилась на 1,38% и увеличилась на 0,76% соответственно для данных 2012 и 2014 г.г. Это говорит о том, что для данного предприятия вид долгосрочной прогнозной модели разработан удачно и может не меняться каждый год.

#### Список использованных источников

1. Тимук С. А. Методика формирования нечеткой прогнозной регрессионной модели электропотребления / С. А.Тимчук, И. А.Катюха // Проблемы энергозабезпечення та енергозбереження України: вісник ХНТУСГ. - Харків, 2014. - Вип. 154.- С. 51-53.
2. Бэнн Д. В. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки / Д. В.Бэнн, Е. Д. Фармер: Перевод с английского – М.: Энергоатомиздат, 1987 – 200 с.
3. Шумилова Г. П. Краткосрочное прогнозирование электрических нагрузок с использованием искусственных нейронныхсетей / Г. П. Шумилова, Н. Э. Готман, Т. Б. Старцева // Электричество. 1999. №10.
4. Меламед А. М. Современные методы анализа и прогнозирования режимов электропотребления в электроэнергетических системах / А. М. Меламед// Итоги науки и техники. Энерг. системы и их автоматизация. 1988. Т. 4.

#### Анотація

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ НЕЧІТКОГО РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

Катюха І.А.

*Проведено розрахункове дослідження ефективності розробленої методики короткострокового прогнозування електричної енергії. Виконано порівняння якості короткострокового прогнозу за ступенем сумісності і середньомодульної відносної похибки протягом вибірки даних за три роки.*

#### Abstract

### RESEARCH THE TECHNIQUE FUZZY REGRESSION ANALYSIS

I. Katyukha

*A design study of the effectiveness of the developed method of short-term forecasting of electricity consumption. The comparison of the quality of short-term prediction of the degree of coincidence and modular relative error for a sample of data coverages-ing three-year period.*