

УДК 621.311

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ЧП «МОЛОКОЗАВОД – ОЛКОМ»

**Катюха И.А., аспирант\***

*Таврический государственный агротехнологический университет*

Телефон: (067) 416-0-321

**Аннотация** – в статье применен подход к определению кусочно-непрерывной нечеткой прогнозной модели электропотребления, сочетающий как формальные, так и неформальные процедуры. Показано применение разработанного критерия к задаче прогноза электропотребления предприятием. Приведена оценка точности прогноза по относительной среднемодульной погрешности.

**Ключевые слова:** прогноз электропотребления, нечеткий регрессионный анализ, критерий оценки качества регрессии, автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии.

*Постановка проблемы.* В условиях современного энергорынка для крупных предприятий важное значение имеет создание системы прогнозирования потребления электрической энергии, позволяющей минимизировать отклонения потребляемой от заявленной на рынке за сутки вперед мощности.

*Анализ последних исследований.* Основным инструментом при построении прогнозных моделей является регрессионный анализ. Использование данного аппарата в нечеткой форме целесообразно для прогнозирования электропотребления, поскольку исходные данные при этом несут неопределенность. Нечеткий регрессионный анализ для прогнозных задач в основном используется для построения линейных полиномиальных моделей [1] с нечеткими коэффициентами регрессии. Разработка вида регрессионных зависимостей, отличных от полиномиальных, как правило, не рассматриваются. Модели четко делятся по назначению на долгосрочны и краткосрочные [2]. Автором совершена попытка применения методики формирования нечеткой прогнозной модели электропотребления [3] на реальном предприятии по переработке молочной продукции.

*Формулировка целей статьи (постановка задачи).* Применение системы прогнозирования электропотребления промышленного пред-

---

© Катюха И.А.

\*Научный руководитель – Овчаров В.В., д.т.н., профессор

приятия в условиях неопределенности исходной информации на основе нечеткого регрессионного анализа. Оценка точности прогноза по относительной среднемодульной погрешности в сравнении с реальными показателями электропотребления.

*Основные материалы исследования (основная часть).* Электропотребление предприятий представляет собой циклический процесс, зависящий от ряда внешних и внутренних факторов. К внутренним факторам относятся такие трудно формализуемые в общем виде, как количество смен, наличие перерывов, график выходных и т.п. К внешним относятся такие, как ритмичность заказов, сезонность, климатические особенности и т.п.

Вид прогнозной зависимости определяется на основе анализа исходных данных. При этом процесс определения оптимального вида функции регрессии не формализован, а традиционно применяемый полиномиальный подход часто бесполезен для задач прогноза.

Поскольку в графиках электропотребления наблюдаются четко выраженные периоды в течение суток, то рационально прогнозную функцию строить не в виде непрерывной функции для всего суточного цикла, а в виде кусочно-непрерывной функции.

Приведенные на рис.1 данные позволяют в суточном цикле электропотребления выделено пять участков:

участок 1	$t = (0 - 0,3125)$ сут.,	или $t = (0 - 7,5)$ ч;
участок 2	$t = (0,3125 - 0,4167)$ сут.,	или $t = (7,5 - 10)$ ч;
участок 3	$t = (0,4167 - 0,6667)$ сут.,	или $t = (10 - 16)$ ч;
участок 4	$t = (0,6667 - 0,8958)$ сут.,	или $t = (16 - 21,5)$ ч;
участок 5	$t = (0,8958 - 1)$ сут.,	или $t = (21,5 - 24)$ ч;

Данные, приведенные на рис.2, позволяют предположить, что электропотребление имеет зависимость от дня недели, которую приближенно можно считать линейной.

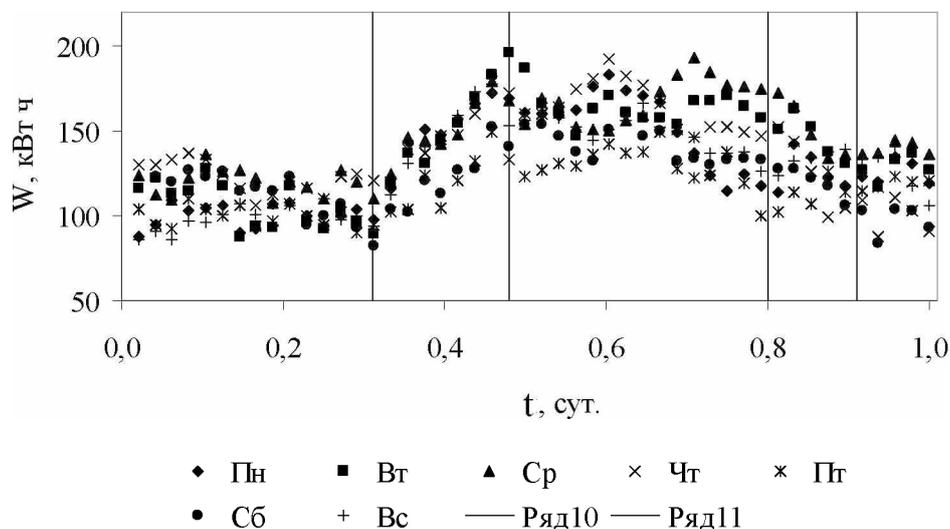


Рис. 1. Фрагменты данных АСКУЭ для характеристики суточного цикла электропотребления ЧП «Молокозавод-ОЛКОМ».

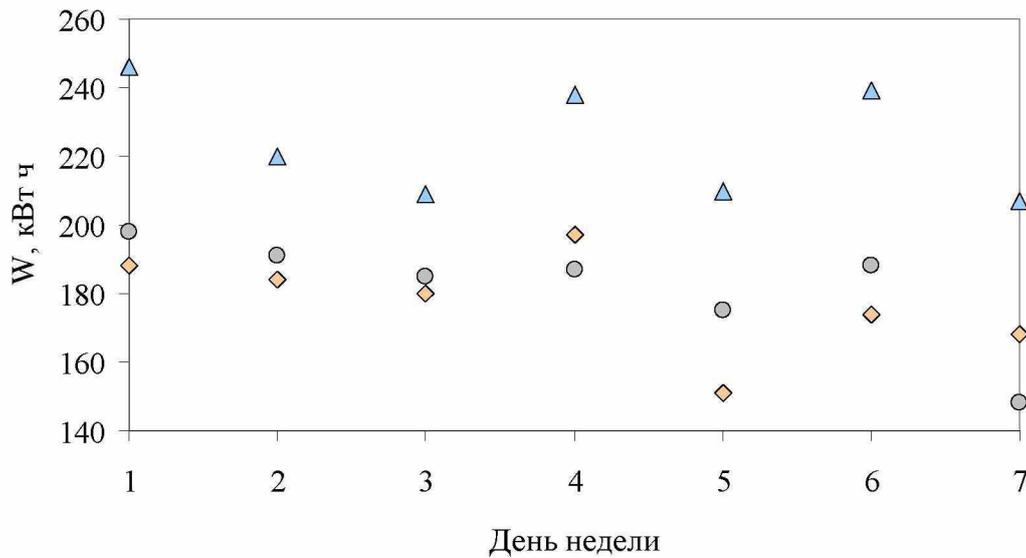


Рис. 2. Фрагменты данных АСКУЭ для характеристики недельного цикла электропотребления ЧП «Молокозавод-ОЛКОМ».

На рис.3 приведены данные АСКУЭ на 12 часов каждого 15 числа каждого месяца, позволяющие сделать вывод, что электропотребление предприятия в течение года меняется нелинейно и данная зависимость от номера недели может быть приближенно описана параболой.

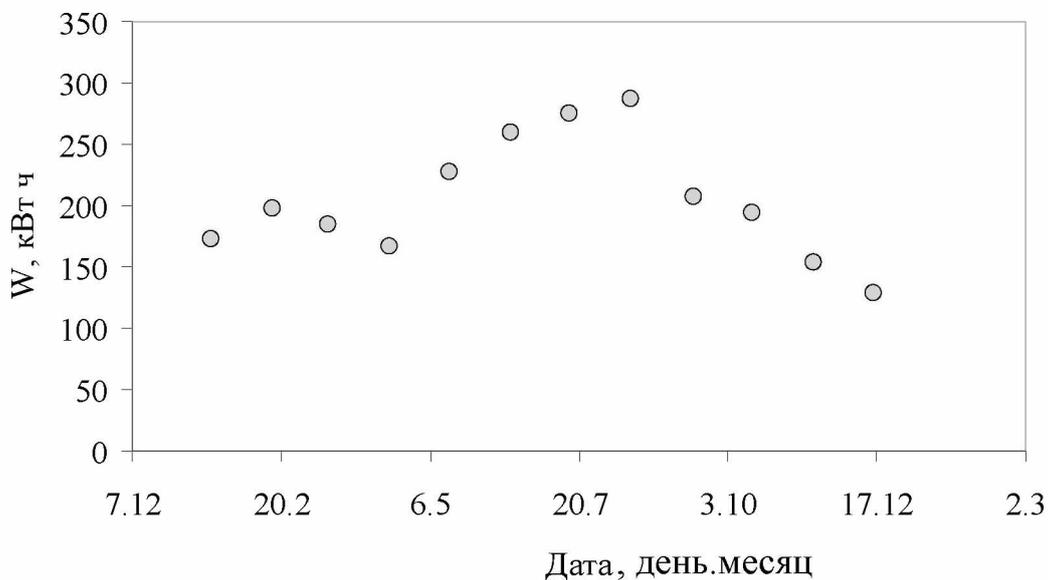


Рис. 3. Фрагменты данных АСКУЭ для характеристики годового цикла электропотребления ЧП «Молокозавод-ОЛКОМ».

#### *Формирование вида прогнозной зависимости*

Поскольку в данном случае выделено пять участков, вид прогнозной зависимости для суточного цикла соответствует виду кусочно-непрерывной прогнозной функции на сутки [3]. Тогда примем уча-

стки 2 и 4 в качестве переходных, на участках 1, 3 и 5 примем квадратичную зависимость электропотребления от времени суток.

Для участков 2 и 4 можно воспользоваться уже известными зависимостями [3].

Особенность данных АСКУЭ заключается в том, что среди череды рабочих дней несистемно включены нерабочие дни, где электропотребление на фоновом уровне. Соответственно, для нерабочих дней при обработке учитывались только данные участков 1 и 5.

#### Обработка данных АСКУЭ за год

По результатам данных АСКУЭ за 2013 год с помощью усовершенствованного нечеткого регрессионного анализа получены значения коэффициентов регрессии (рис.4).

Степень совмещения оценок и исходных данных составила:  $\mu_{\cap} = 0,53$ . Соответственно среднемодульная погрешность регрессионной зависимости составила:  $MAPE = 12,86\%$ . Степень нечеткости 0,535.

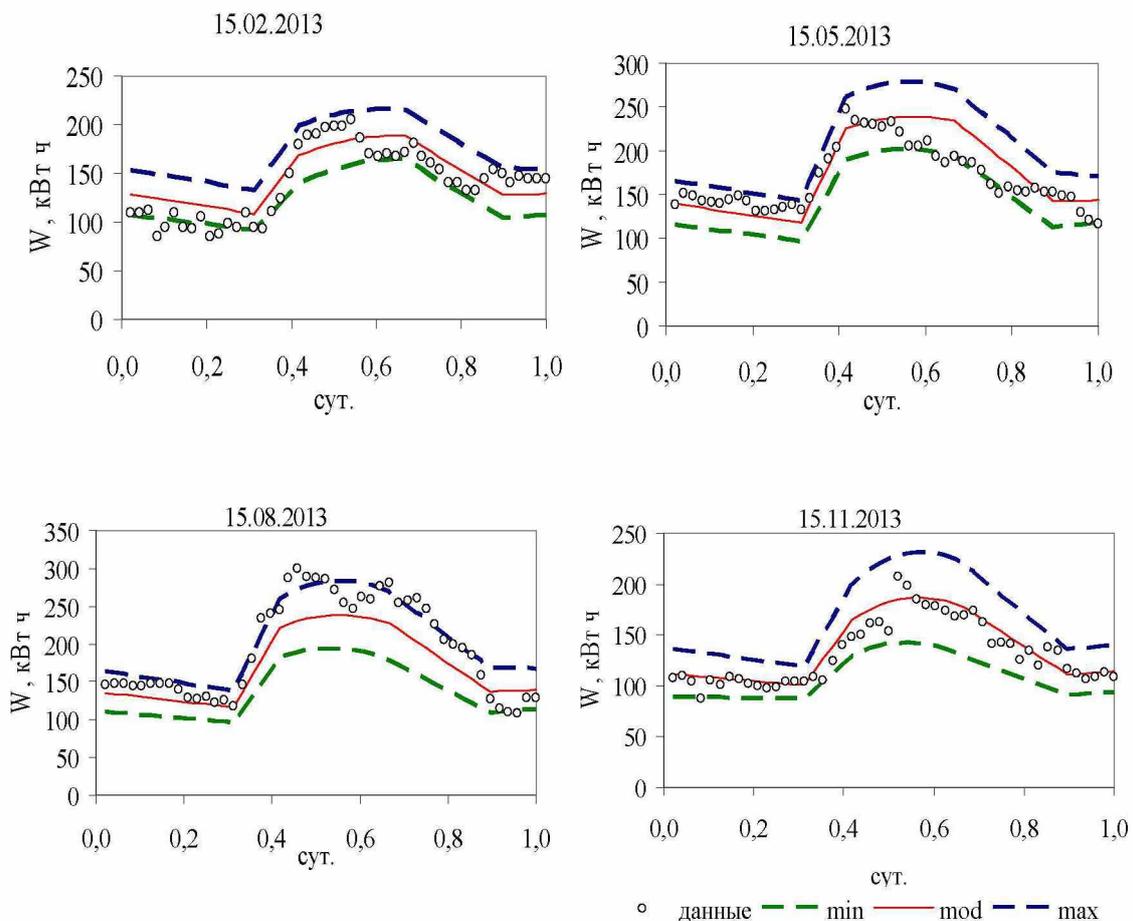


Рис. 4. Результаты обработки данных АСКУЭ  
ЧП «Молокозавод--ОЛКОМ».

*Проверка прогнозных возможностей долгосрочной прогнозной модели для годового цикла*

Для проверки взяты данные АСКУЭ за 2012 и 2014 год на предприятии «Молокозавод--ОЛКОМ», не подвергавшиеся обработке регрессионным анализом. Оценка точности показала:  $\mu_{\cap} = 0,53$ ,  $МАПЕ =$

Таблица 2 – Качество краткосрочного прогноза

Прогноз на...,дни	Степень нечеткости	Степень совмещения	МАРЕ,%
2012 г.			
1	0,411	0,512	10,42
2	0,417	0,513	10,16
3	0,392	0,494	10,51
4	0,432	0,545	9,44
5	0,434	0,566	8,95
6	0,412	0,524	10,39
7	0,423	0,523	9,79
2013 г.			
1	0,431	0,513	12,047
2	0,418	0,498	12,025
3	0,406	0,483	10,692
4	0,424	0,504	11,001
5	0,432	0,512	11,282
6	0,421	0,502	11,199
7	0,413	0,497	11,103
2014 г.			
1	0,561	0,59	12,26
2	0,532	0,53	12,12
3	0,564	0,60	10,73
4	0,467	0,47	14,00
5	0,542	0,56	11,62
6	0,555	0,57	11,36
7	0,534	0,53	12,58

12,08%, степень нечеткости 0,48 для данных 2012 года;  $\mu_{\cap} = 0,39$ ,  $МАПЕ = 20,50\%$ , степень нечеткости 0,57 для данных 2014 года.

*Проверка прогнозных возможностей найденной регрессионной зависимости для краткосрочного прогноза*

Для проверки использовались данные АСКУЭ за 2012, 2013 и 2014 годы. Расчеты проводились для +1...+7 дней от текущей даты. Коэффициенты регрессии уточнялись по данным электропотребления за две недели, предшествующие текущей дате. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

*Вывод.* Подход к определению кусочно-непрерывной нечеткой прогнозной модели электропотребления достаточно просто применим на практике. Наблюдается увеличение точности прогноза по

сравнению с годовой прогнозной моделью, что проявляется в увеличении степени близости прогнозных оценок и исходных данных и снижении среднемодульной погрешности вследствие уменьшения степени неопределенности прогноза. В то же время зависимость точности прогноза от числа дней до начала прогноза от текущей даты не столь выражена, что говорит об удовлетворительном качестве долгосрочной прогнозной зависимости.

*Список использованных источников.*

1. *Таранцев А.А.* Принципы построения регрессионных моделей при исходных данных с нечетким описанием / *А.А.Таранцев* // Автоматика и телемеханика. - №11. – 1997. – С.215-220.
2. *Srinivasan D.* A novel approach to electrical load Forecasting based on a neural network / *D. Srinivasan [et al.]* // INNC-91. - Singapoure, 1991. - P. 1172-1177.
3. *Тимчук 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.

## **ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ПРОГНОЗНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ ПП МОЛОКОЗАВОД-ОЛКОМ**

Катюха І.А.

**Анотація – в статті запропоновано підхід до визначення кусочно-безперервної нечіткої прогновної моделі електроспоживання, яка поєднує як формальні, так і неформальні процедури. Розроблений критерій якості підбору коефіцієнтів регресії максимально повно враховує особливості довгострокових і корот-строкових виробничих циклів. Показано використання розробленого критерію до задачі прогнозування електро-споживання підприємством. Приведена оцінка точності прогнозу за відносною середньомодульною помилкою.**

## **USE OF INDISTINCT EXPECTED MODEL OF THE POWER CONSUMPTION AT THE ENTERPRISES "OLKOM"**

I. Katyukha

### ***Summary***

**The approach to definition of piecewise and continuous indistinct expected model of a power consumption combining both formal and informal procedures is applied. The criterion of quality of selection of coefficients of regression which is most fully considering features of long-term and short-term production cycles is developed. Application of the developed criterion to a task of the forecast of a power consumption by the enterprise is shown. The assessment of accuracy of the forecast for a mean absolute percent error is given.**