

УДК 519.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЛЕЗНОГО ОТПУСКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Крупка Г.А., Николаенко Д.В.

Автомобильно-дорожный институт

Донецкого национального технического университета, г. Горловка

Рассматривается необходимость и актуальность прогнозирования отпуска электроэнергии. Описывается разработанная математическая и программная модели, позволяющие упростить процесс прогнозирования на предприятии

Актуальность. В настоящий момент Объединенная Энергетическая Система Украины находится в стадии реформирования, главной задачей проведения реформы в электроэнергетике является усиление экономических стимулов развития отрасли путем перевода секторов электроэнергетики (производства, передачи и поставки) на рыночную конкурентную основу с сохранением и укреплением существующих технологических связей [3].

Областные энергетические компании по передаче и поставке электроэнергии являются одними из основных субъектов рынка электроэнергии, наличие которых на розничных рынках является основой системы надежного обеспечения потребителей электрической энергией. Эффективное функционирование рынка услуг по передаче и поставке электроэнергии напрямую зависит от правильного и точно спрогнозированного полезного отпуска электроэнергии потребителям [5].

Так как на основе рынка утверждаются тарифы на передачу и поставку электроэнергии областными энергетическими компаниями (к примеру ошибка на 1% в меньшую сторону, годового полезного отпуска электроэнергии ПАО «Донецкоблэнерго», приведет к недополучению источника финансирования расходов текущего года порядка 5 млн.грн, что составляет 20% ежемесячного фонда оплаты труда персонала компании, а также при этом областной бюджет недополучит порядка 0,5 млн.грн отчислений).

В настоящее время прогнозирование полезного отпуска электроэнергии это трудоемкий, напрямую зависящий от квалификации и опыта экспертов, труд специалистов многих подразделений компании (аппарата управления, предприятий электрических сетей(объединяющих группу РЭС) и специалистов самих РЭС). Поэтому оптимизация прогнозирования указанного показателя является очень актуальной.

В качестве теоретической основы прогнозирования экономической деятельности региональных энергокомпаний использованы результаты исследования современных авторов по проблемам прогнозирования в экономике. Среди них труды Л.Е. Басовского, В.И. Борисевича, В.М. Геца, М.А. Гольцберга и др. Вопросы моделирования отражены в работах Н.П. Бусленко, В.И. Варфаламеева.

Целью является анализ выбранной системы прогнозирования, разработка математической модели и ее реализация с помощью программных методов для упрощения использования на практике.

Основная часть работы

Любая задача прогнозирования опирается на сложные математические или эмпирические (интуитивные) методы поиска закономерностей в рассматриваемом временном процессе. Эксперты предприятия по составлению прогноза такие зависимости выявляют постепенно, за месяцы и годы работы; эксперт считается тем более ценен, чем он больше знает специфику предприятия. Не следует также упускать из вида, что причины этих закономерностей могут изменяться со временем, коренным образом влияя на дальнейшее развитие рассматриваемого процесса. Так глобальные тенденции к изменению производственного процесса предприятия могут за сравнительно короткий период буквально перечеркнуть выводы эксперта и отправить «в архив» большинство методов прогноза,

применявшихся ранее [1].

Практика показывает, что для прогнозирования потребления электроэнергии также не существует общего, единого метода: каждое производство содержит индивидуальные технологические циклы, которые, суммируясь, образуют уникальный временной процесс.

Технологические процессы потребления электроэнергии подчиняются циклическим, функциональным и случайным тенденциям, из которых наиболее прогнозируемы циклические зависимости (как правило, суточные, недельные и годовые). Для работы с циклами эксперты чаще всего составляют своеобразные «календари», «таблицы» потребления (в абсолютных величинах или при помощи системы коэффициентов), которые, в свою очередь, являются основой для построения качественного прогноза. Циклические зависимости, по предварительным оценкам, составляют 70–80% всех отклонений в процессе потребления электроэнергии; к примеру, одними из наиболее существенных циклических факторов практически во всех производственных процессах являются время суток, день недели и долгота светового дня [5].

Для решения задачи прогнозирования полезного отпуска на ПАО «Донецкоблэнерго» используются несколько методов анализа временных рядов. Первостепенной задачей является посторонние тенденции и ее аппроксимация. При анализе статистических данных за предыдущие периоды, была выявлена тенденция, функция которой – полином второй степени.

Для определения параметров тенденции используем метод наименьших квадратов (МНК), согласно с которым сумма квадратов отклонений фактических значений результирующего признака от его значений, найденных по уравнению, должна быть минимальной:

$$\sum (y - \tilde{y}_x)^2 = \min .$$

Применение МНК для оценки параметров параболы второй степени приводит к следующей системе нормальных уравнений:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 = \sum y, \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 = \sum yx, \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 = \sum yx^2. \end{cases} \quad (1)$$

Таким образом, уравнение примет вид:

$$\overline{y}_x = 6,8597x^2 - 92,8986x + 947,7427.$$

Данное уравнение даст возможность получить теоретические значения полезного отпуска, где переменная x – номер месяца. Однако для расчета использовались значения определенного периода, и по формуле мы получим значения для этого же года. Поэтому применим экстраполяцию тенденции, а точнее цепной коэффициент роста:

$$T = \frac{y_i}{y_{i-1}} \cdot 100$$

где y_i - объем полезного отпуска в текущем году; y_{i-1} - объем полезного отпуска в предыдущем году

Таким образом, добавив в формулу коэффициент роста даст возможность построить прогноз на следующий год. Получим формулу:

$$\overline{y}_x = T'(6,8597 - 92,8986x + 947,7427x^2).$$

По полученной формуле возможен расчет полезного отпуска по месяцам на следующий год (рисунок 1).

В общем случае качество экономико-математической модели составляют взаимодополняющие характеристики адекватности и эффективности моделей, которые можно трактовать как согласованность информации, отражающей функциональные возможности модели, с имеющейся у исследователя информацией о реальном объекте моделирования и информацией о целях моделирования.

В общем случае под адекватностью понимают степень соответствия модели тому реальному явлению или объекту, для описания которого она строится. Вместе с тем, создаваемая модель

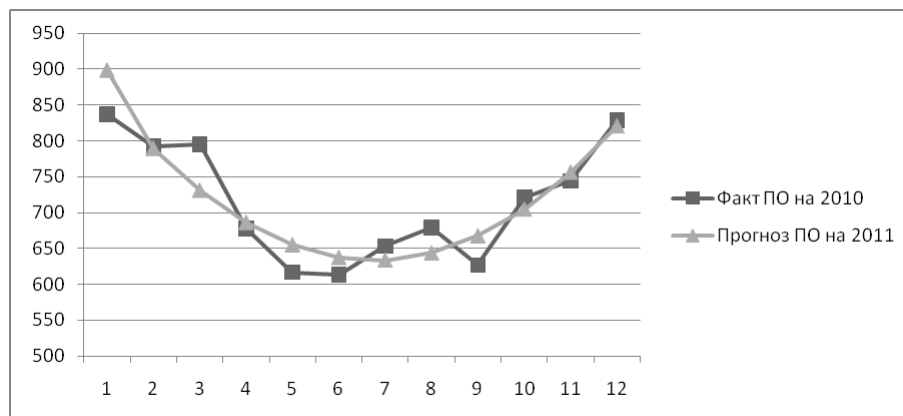


Рисунок 1. Фактические значения полезного отпуска и прогноз на следующий год

ориентирована, как правило, на исследование определенного подмножества свойств этого объекта. Поэтому можно считать, что адекватность модели определяется степенью ее соответствия не столько реальному объекту, сколько целям исследования. В наибольшей степени это утверждение справедливо относительно моделей проектируемых систем (т. е. в ситуациях, когда реальная система вообще не существует).

Тем не менее, во многих случаях полезно иметь формальное подтверждение (или обоснование) адекватности разработанной модели. Один из наиболее распространенных способов такого обоснования - использование методов математической статистики. Суть этих методов заключается в проверке выдвинутой гипотезы (в данном случае - об адекватности модели) на основе некоторых статистических критериев. При этом следует заметить, что при проверке гипотез методами математической статистики необходимо иметь в виду, что статистические критерии не могут доказать ни одной гипотезы - они могут лишь указать на отсутствие опровержения.

Процедура оценки основана на сравнении измерений на реальной системе и результатов экспериментов на модели и может проводиться различными способами:

- по средним значениям откликов модели и системы;
- по дисперсиям отклонений откликов модели от среднего значения откликов системы;
- по максимальному значению относительных отклонений откликов модели от откликов системы.

Проверим модель на адекватность исходя из отклонений дисперсий. Для того, чтобы определить дисперсию выборки и дисперсию генеральной совокупности, проведем предварительные расчеты. В таблице 1 на основании фактических и теоретических данных модели вычислим отклонения теоретических данных от фактических данных, определим квадрат разности.

Рассчитаем дисперсию выборки и дисперсию по генеральной совокупности по следующим формулам:

$$S^2 = \frac{10585,24}{12} - 0,00 = 822,103;$$

$$\sigma^2 = S^2 \cdot \frac{n}{n-1} = 822,103 \cdot \frac{12}{11} = 896,844;$$

Рассчитаем среднюю ошибку выборочной средней:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} = \sqrt{\frac{896,844}{12}} = 8,65;$$

В данном случае для проверки существенности среднего различия используем критерий Стьюдента. Фактическое значение критерия:

$$t_{\text{факт}} = \frac{|\bar{x}|}{S_{\bar{x}}} = \frac{0,00}{8,65} = 0;$$

Таблица 1. Отклонения теоретических данных от фактических

Месяц	Полезный отпуск, факт	Полезный отпуск, расчет	Разность	Квадрат разности
1	836,837	861,70	-24,87	618,36
2	792,646	789,38	3,26	10,64
3	794,847	730,78	64,06	4104,00
4	677,533	685,90	-8,37	70,07
5	616,617	654,74	-38,13	1453,59
6	613,597	637,30	-23,70	561,90
7	653,245	633,58	19,67	386,74
8	679,201	643,58	35,62	1269,10
9	626,787	667,29	-40,51	1640,76
10	721,098	704,73	16,37	267,93
11	744,273	755,89	-11,61	134,84
12	828,964	820,76	8,20	67,30
Среднее	715,470	715,470	0,00	882,103
Всего	8585,645	8585,64	0,00	10585,24

Табличное значение критерия для вероятности 0,95 составляет 2,18. Таким образом, с вероятностью 95% можно утверждать, что между фактическими и теоретическими данными существенных различий нет, прогноз выполнен по достоверным показателям. Модель является адекватной.

Полученная формула позволяет, основываясь на данных предыдущих лет, строить прогнозные данные на будущие периоды. Для упрощения применения данной формула была реализована программная модель, основная идея которой заключается в том, что при добавлении данных за предыдущий период, производится расчет прогноза на следующий год, основываясь на выведенной формуле.

Вывод расчетных данных на прогнозируемый год

Январь	879,131428931768	Июль	646,6692464345
Февраль	805,418594682759	Август	656,8823413842
Март	745,693415300204	Сентябрь	681,0830912004
За 1 квартал	2430,24343891473	За 3 квартал	1984,634679019
Апрель	699,955890784105	Октябрь	719,2714958830
Май	668,206021134461	Ноябрь	771,4475554321
Июнь	650,443806351273	Декабрь	837,6112698477
За 2 квартал	2018,60571826984	За 4 квартал	2328,330321162
За 6 месяцев	4448,84915718457	Год	8761,814157366

Выход

Рисунок 2. Результат расчётов

Выводы

Таким образом, в работе рассмотрена модель системы прогнозирования полезного отпуска электроэнергии, для решения данной задачи предложена математическая модель, результаты проверки которой соответствуют выбранным критериям проверки на адекватность. Для упрощения использования данной модели на практике реализована программная модель, позволяющая строить прогнозы на будущие периоды.

Литература

- [1] Основы проектирования систем с ИИ. Сергей Сотник. – Х.:Основа, 2000. – 245с.
- [2] В.Ю. Кудрявцев, Б.И. Герасимов. Экономический анализ топливно-энергетического комплекса (на примере Тамбовской области) // Под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. Б.И. Герасимова. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 88 с.
- [3] Міністерство економіки України. – Режим доступа: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=78200&cat_id=78198
- [4] Государственный комитет статистики Украины: официальный сайт. – Режим доступа: www.ukrstat.gov.ua.
- [5] Гительман Л.Д. Ратников Б.Е. Энергетический бизнес: Учеб. пособие. – М.: Дело, 2006. – 600 с.