

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ **ВЕСТНИК КазННТУ**

VESTNIK KazNRTU _____

№ 3 (139)

[9]. Henein M.A., Bolt J.A. Kinetic considerations in the autoignition and combustion of fuel sprays in swirling air//Pap. ASME, 1972. -12 pp.

[10]. А.В. Арсеев. Сжигание природного газа, Металлургиздат, М. 1963, с.407.

[11]. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воздуха и продуктов сгорания топлив. М., Госэнергоиздат, 1962.

Заманбекова А.Ж., Унаспеков Б.А.

Газ тәрізді отынның жануы

Түйіндеме. Органикалық және бейорганикалық отындардың құрамы қарастырылды. Қазандық және өнеркәсіптік пештерде жағу үшін пайдаланылатын газ тәрізді отынның құрамы егжей-тегжейлі қарастырылды.

Түйінді сөздер: отын, энергия, сутегі, табиғи газ, жану, оттық.

УДК 621.311

B. Bekkozina, A. Demyanenko, K.Koshekov, A.Aitylina

REVIEW OF METHODS FOR FORECASTING ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION

Abstract. This article provides an overview of methods for predicting power consumption. The most used is the statistical forecasting method based on regression and correlation analyzes. At the same time, for forecasting power consumption, artificial neural networks are becoming increasingly popular. The work of scientists on the application of these methods in practice is analyze.

Keywords: Prediction of power consumption, methods for predicting the consumption of electric energy, statistical forecasting methods, artificial neural networks.

Б.К. Беккожина, А.В. Демьяненко, К.Т. Кошеков, А.М. Айтулина
(Северо-Казахстанский государственный университет им.М.Козыбаева,
Петропавловск, Казахстан, E-mail: bekkozhinab@mail.ru)

ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. В данной статье дается обзор методов прогнозирования электропотребления. Наиболее применяемым является метод статистического прогнозирования, основанный на регрессионном и корреляционном анализах. Вместе с тем, для целей прогнозирования электропотребления, в настоящее время все большую популярность приобретают искусственные нейронные сети. Проанализированы работы ученых по применению этих методов на практике.

Ключевые слова: Прогнозирование электропотребления, методы прогнозирования потребления электрической энергии, статистические методы прогнозирования, искусственные нейронные сети.

В настоящее время для снижения общих издержек предприятия рациональное использование электрической энергии является актуальным вопросом. Для того, чтобы уменьшить экономический ущерб на предприятиях необходимо своевременно проводить энергосберегающие мероприятия. Одним из методов решения проблем электроснабжения является прогнозирование потребления электрической энергии.

Потребление электроэнергии зависит от объемов выпуска продукции, погодных условий, времени года, времени суток, характеристик электрического оборудования и т.д. Для прогнозирования потребления электроэнергии энергоемкими предприятиями со сложным технологическим процессом, имеющими распределенную структуру потребителей, прогнозирование потребления электрической энергии должно осуществляться с учетом динамики технологических и энергетических показателей.

Прогнозирование – это сложный процесс, в котором необходимо решать большое количество различных вопросов. Прогнозирование электропотребления энергоемких предприятий классифицируют следующим образом:

- краткосрочное прогнозирование – прогнозируемый период от одного часа до недели. Этот метод применяется при почасовом прогнозе для оперативного управления энергосистемой;

- среднесрочное прогнозирование – прогнозируемый период от одного месяца до 5 лет. Этот метод используют при оценке запасов топлива и для тарификации цен электропотребления потребителей;

- долгосрочное прогнозирование – прогнозируемый период от 5 до 10 лет. Применяется для определения мощности и типа проектируемых, а также находящихся в эксплуатации электрических станций и подстанций [1].

Для прогнозирования объемов потребления электроэнергии применяются различные методы, которых на сегодняшний день существует огромное количество, но чаще всего на практике используются не более 10. Все основные методы прогнозирования потребления электрической энергии классифицируют так, как показано на рисунке 1 [2].



Рис.1. Классификация методов прогнозирования электропотребления

Методам прогнозирования объемов потребления электрической энергии всегда уделялось большое внимание. Ряд теоретических идей, в основном базирующихся на линейных моделях, был выдвинут довольно давно [3,4]. До настоящего времени разработано большое число методов и моделей прогнозирования электропотребления.

Среди классических методов наибольшее распространение получили методы статистического прогнозирования основанные на корреляционном и регрессионном анализе, так как они учитывают влияние широкого набора входных параметров (формирование утреннего и вечернего максимумов, метеорологические факторы и т.д.) на выходные прогнозные данные электропотребления. Основной целью регрессионного анализа является выявление зависимости случайной величины Y от независимых переменных x_j ($j = 1, 2, \dots, k$). Применению классических методов прогнозирования посвящено много работ, так, например, Приходько В.М., Ивлев М.Л. [5] предложили методику прогнозирования электропотребления, базирующаяся на обработке статистических данных предыдущих периодов и планируемых основных производственных и прогнозируемых природных факторов.

К. G. Tay, Y. Y. Choy, Audrey Huong [6] выполнили прогнозирование потребления электроэнергии методом множественной линейной регрессии для Малазийского университета. Прогнозируемые результаты могут послужить катализатором для возможных действий со стороны руководства. Например, если управляющая команда обнаружит, что потребление электроэнергии резко возрастает, они могут обучить пользователей экономить потребление электроэнергии. Этот метод дал хороший результат с ошибкой в 10,62%.

Порохова Н.В. [7-8] при построении прогноза потребления электроэнергии использовала модель, основанную на душевом потреблении электроэнергии, уровне валового внутреннего продукта и населении.

Среди интеллектуальных методов прогнозирования наибольшее распространение получили методы с применением искусственных нейронных сетей. Искусственные нейронные сети – это совокупность нейронов и связей между ними. На входы нейрона поступает информация извне или от других нейронов. Каждый нейрон характеризуется функцией преобразования входных сигналов в выходной. Методам прогнозирования с применением искусственных нейронных сетей тоже посвящено много работ. Так, например, Соломкин А.В. [9] делает прогноз электропотребления на несколько ближайших дней на основе искусственных нейронных сетей, и приходит к выводу о том, что данная методика зарекомендовала себя при использовании на относительно короткие промежутки времени (не более чем на 5-6 дней) во избежание существенных отклонений по прогнозу и значительной ошибки в оценках.

S.Simsar, M.Alborzi, J.Nazemi, M.AbbasiLayegh [10] в своей работе спрогнозировали спрос на электроэнергию с применением модели нейронных сетей для западного региона Азербайджана. Сравнивая результаты, полученные от шести различных нейросетевых моделей прогнозирования спроса на электроэнергию, они выявили, что в качестве оптимальной нейросетевой модели выбран шестой сценарий, имеющий наименьшую погрешность.

Воронов И.В., Политов Е.А., Ефременко В.М. [11] предлагают использовать для краткосрочного прогнозирования планового почасового потребления электроэнергии алгоритмы, построенные на нейронных сетях.

Кроме этого, существует ряд работ, в которых сравнивают применение статистических методов и методов с применением искусственных нейронных сетей. Так, в своей работе Иващенко В.А., Колоколов М.В. [12] выполнили прогноз суточного потребления электроэнергии промышленным предприятием на основе статистических методов и искусственных нейронных сетей. При прогнозировании статистическими методами они построили модель при кусочно-линейном и полиномиальном сезонных трендах. А при прогнозировании с помощью искусственных нейронных сетей они использовали перцептрон. Обучение сети осуществлялось на основе метода Коши и алгоритма обратного распространения ошибки.

Васильев Д.А., Колоколов М.В. [13] создали гибридную модель автоматизированного прогнозирования электрических нагрузок промышленных предприятий состоящую из фильтра Брауна и искусственных нейронных сетей. За счет адаптации к характеру изменения электрических нагрузок в режиме реального времени эта модель обладает более высокой точностью прогноза.

F. Kaytez, C. Taplamacioglu, E. Cam, F. Hardalac [14] сравнили методы регрессионного анализа, нейронные сети и машины опорных векторов наименьших квадратов для долгосрочного прогнозирования потребления электрической энергии Турции. В результате чего, модель на основе машины опорных векторов наименьших квадратов привела к абсолютному обучению, ошибка прогноза составила 0,876%. Это намного меньше чем прогноз методами регрессионного анализа и применением искусственных нейронных сетей.

P.Suksawang, S.Suphachan, K.Kaewnuch [15] спрогнозировали потребление электроэнергии в Таиланде с использованием гибридной модели SARIMA (суточные авторегрессионные интегрированные двигающих среднее модели) – нейронные сети и Гауссовского процесса с использованием метода комбинированных функций ядра. Модель с применением Гауссовского процесса показала меньше ошибки (4,7%), чем модель SARIMA – нейронные сети. Результаты, полученные в результате прогнозирования, могут быть использованы для составления плана и определения размеров и количества электростанций каждого типа, которые будут построены для удовлетворения потребления электроэнергии в будущем, а также потребления топлива.

Заключение

Прогнозирование объемов потребления электрической энергии является важной научно-технической задачей. Повышение точности прогнозирования способствует снижению потерь, как от перепроизводства, так и от недоотпуска электрической энергии. Все это влияет на энергоэффективность как производителей, так и потребителей электрической энергии, особенно энергоемких.

Обзор методов прогнозирования потребления электрической энергии позволяет сделать вывод о том, что нет универсального, однозначно наилучшего метода, который смог бы учесть все особенности прогнозирования и факторы, оказывающие существенное воздействие на изменение объемов потребления электрической энергии. Для каждого конкретного случая электропотребления, с учетом длительности периода прогнозирования, есть свой наиболее оптимальный метод.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] W. Charytoniuk, M.S. Chen, Neural Network Design for Short Term Load Forecasting, IEEE International Conference of Deregulation of Power System Technologies, pp. 554+551, April 2000.
- [2] Абдурахманов А.М., Володин М.В., Зыбин Е.Ю. Методы прогнозирования электропотребления в распределительных сетях. Электротехника: сетевой электронный научный журнал. 2016. Том 3, №1 3-23с
- [3] Бэнн, Д.В.. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки [Текст] /Д.В. Бэнн, Е.Д. Фармер. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.
- [4] Мызин, А.П. Методы и модели прогнозирования для развития электроэнергетических систем в условиях неопределённости и многокритериальности [Текст]: Дис. докт. техн. наук / А.П. Мызин. – Новосибирск, 1994. – 307 с.
- [5] Приходько В.М., Ивлев, М. Л., Приходько, И. В. (2012). Методика прогнозирования электропотребления судоремонтного предприятия. Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, (1 (13)), 67-73.
- [6] K. G. Tay, Y. Y. Choy, Audrey Huong, Forecasting electricity consumption by multiple linear regression, International Journal of Engineering & Technology, 7 (4) (2018) p.3515-3520.
- [7] Порохова Н.В. Пространственная неравномерность в прогнозировании социально-экономических процессов (на примере энергопотребления): Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Москва, 2009.
- [8] Порохова Н.В. Географические методы исследования в анализе и прогнозировании энергопотребления // Известия РАН. Серия географическая. 2009. № 3. С. 48-54.
- [9] Соломкин А.В. Применение нейросетевых методов для прогнозирования потребления электроэнергии. – Саранск: МГУ им. Н.П. Огарева, 2009.
- [10] S.Simsar, M.Alborzi, J.Nazemi, M.AbbasiLayegh, Forecasting Power Demand Using Neural Networks Model // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)ISSN: 2249 –8958,Volume-2, Issue-5, June 2013, **Р . 4 4 1 - 4 4 6 .**
- [11] Политов Е. А., Воронов И. В., Ефременко В. М. Использование нейронной сети для краткосрочного прогнозирования электропотребления промышленного предприятия Вестник Кузбасского государственного технического университета, № 6-1, 2006, 73-74 с.
- [12] Иващенко В.А., Колоколов М.В., Васильев Д.А. Прогнозирование электропотребления промышленных предприятий на основе статистических методов и искусственных нейронных сетей // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. № 2 (45). С. 110 – 115.
- [13] Васильев, Д. А., Колоколов, М. В. (2011). Модели автоматизированного прогнозирования электрических нагрузок промышленных предприятий. Управление большими системами: сборник трудов, (34), 254-266.
- [14] F. Kaytez, C. Taplamacioglu, E. Cam, F. Hardalac Forecasting electricity consumption: A comparison of regression analysis, neural networks and least squares support vector machines // Electrical Power and Energy Systems №67, 2015, p.431-438.
- [15] P.Suksawang, S.Supachan, K.Kaewnuch, Electricity Consumption Forecasting in Thailand using Hybrid Model SARIMA and Gaussian Process with Combine Kernel Function Technique// International Journal of Energy Economics and Policy ISSN: 2146-4553, 2018, 8(4), 98-109.

Беккожина Б.К., Демьяненко А.В., Кошеков К.Т., Айтулина А.М.

Электр тұтынуды болжау әдістеріне шолу

Түйіндеме. Берілген мақалада электр тұтынуды болжау әдістеріне шолу жасалған. Регрессиондық және корреляциялық талдауға негізделген статистикалық болжау әдісі ең көп қолданылатын болып келеді. Сонымен қатар, электр тұтынуды болжау мақсатында қазіргі уақытта жасанды нейрондық желілер кеңінен танымал. Осы әдістерді тәжірибеде қолдану бойынша ғалымдардың жұмыстары талданды.

Түйінді сөздер: электр тұтынуды болжау, электр энергиясын тұтынуды болжау әдістері, болжаудың статистикалық әдістері, жасанды нейрондық желілер.