УДК 621.311.1:65.011.46

РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОЛЕЗНОГО ОТПУСКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

[1]Гусева Н.В., [2]Шевченко Н.Ю., [2]Лебедева Ю.В.

[1]ФГБОУ ВПО Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, Саратов;
[2]Камышинский технологический институт (филиала) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: kti@kti.ru

В статье предлагается математический аппарат, наиболее полно отвечающий требованиям практики обоснованного прогнозирования и планирования полезного отпуска электроэнергии. Произведен анализ показателей электропотребления за ряд лет пятнадцати групп потребителей Саратовской энергосистемы. Изучена специфика работы разных групп потребителей. Разработанный математический аппарат позволяет прогнозировать графики электропотребления, что способствует их обобщенному вероятностному учету при решении задач планирования полезного отпуска электроэнергии на месяц, квартал, год. Данный подход способствует совершенствованию экономического управления сбытовой деятельностью энергосистемы, позволяет получить объективную оценку основных технико-экономических показателей работы энергосистемы, а также обеспечить рациональные режимы потребления электроэнергии и максимально возможную ее экономию.

Ключевые слова: математическая модель, полезный отпуск электроэнергии, матрицы коэффициентов корреляции, графики электропотребления, потребители электроэнергии

DEVELOPMENT OF ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELS FOR PLANNING PRODUCTIVE SUPPLY OF ELECTRIC ENERGY

[1]Guseva N.V., [2]Shevchenko N.J., [2]Lebedev J.V.

[1]FGBOU Saratov State Technical University, Saratov;
[2]Kamyshin Institute of Technology (branch) of state educational institution of higher professional Education Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: kti@kti.ru

The paper proposes a mathematical tool that best meets the requirements of the practice of sound forecasting and planning of productive power supply. The analysis of energy consumption figures for a number of years, fifteen groups of consumers Saratov power system. Studied the specifics of the work of different groups of consumers. The mathematical apparatus predicts graphics power consumption, which contributes to their generalized probabilistic accounting for solving the planning of productive power supply for the month, quarter, year. This approach contributes to the improvement of economic sales management power system allows you to get an objective assessment of the main technical and economic indicators of the energy system, and to ensure rational modes of energy consumption and its maximum possible savings.

Keywords: mathematical model, the useful output power matrix of correlation coefficients, graphs of power consumption, electricity consumers

Переход России на рыночную экономику произвел значительные перемены в принципах организации деятельности предприятий. С ноября 2003 года на Федеральном оптовом рынке электроэнергии начал функционирование сектор свободной торговли (ССТ). Рыночный отпуск электроэнергии по заявкам предприятий в настоящее время приобретает все более массовый характер, поскольку при переходе предприятия с регулируемого сектора на сектор свободной торговли можно добиться существенной экономии средств (объем заказа энергии произволен; рыночные цены ниже, чем государственные, в среднем, на 2 – 5 %). В 2004 г. доля отпускаемой электроэнергии через данный сектор превысила 9 %.

Однако, при переходе в сектор свободной торговли, помимо выигрыша от участия в конкурентных торгах, предприятие берет на себя некоторый риск, который связан с невозможностью точного планирования заявки на потребление электроэнергии. Известно, что мощности потребления электроэнергии крупным предприятием весьма велики и составляют десятки, сотни мегаватт. Поэтому излишнее или недостаточное потребление электроэнергии, заказывающейся по предварительным заявкам предприятия, приводит к незапланированным издержкам поставщика в точке генерации [4].

Приоритет показателя полезного отпуска электроэнергии над реализованной электроэнергией и, как следствие этого, наличие абонентской задолженности делают особенно важной функцию прогнозирования полезного отпуска электроэнергии в энергосистеме. Эта функция наряду с функциями учета расходов электроэнер-

гии и финансовыми расчетами отличается наибольшей трудоемкостью, вследствие большого количеств абонентов и объемов обрабатываемой информации. Поскольку в настоящее время прогнозирование потребления электроэнергии весьма субъективно, то актуальна разработка экономико-математических моделей прогнозирования электропотребления.

Разработка экономико-математических моделей прогнозирования электропотребления

Надежность функционирования энергосистем в значительной мере определяется уровнем расчетов между производителем и потребителем электроэнергии. Планирование финансовых поступлений и расчет тарифов на электроэнергию базируется на форме отчетности № 46ЭС по энергосистеме, включающей определенное число категорий потребителей, основными из которых являются: «Промышленные и приравненные к ним потребители», «Электрифицированный транспорт», «Непромышленные потребители», «Производственные сельскохозяйственные потребители», «Население», «Населенные пункты», «Оптовые потребители – перепродавцы». Отметим, что две последних категории с точки зрения энергосистемы являются перепродавцами электроэнергии и также могут иметь разветвленную структуру категорий [8].

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. Однако во всех производственных циклах потребления энергии можно найти общие черты, тем самым образуя методическую базу для выполнения точного прогноза.

Технологические процессы потребления электроэнергии подчиняются циклическим, функциональным и случайным тенденциям, из которых наиболее прогнозируемы циклические зависимости (как правило, суточные, недельные и годичные). 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 [4].

Любая задача прогнозирования опирается на сложные математические или эмпирические (интуитивные) методы поиска закономерностей в рассматриваемом временном процессе. Математические модели обладают рядом преимуществ по сравнению с другими видами моделей (информационных, логических и так далее), заключающихся в широком диапазоне их применения, гибкости с точки зрения возможности учета тех или иных факторов, а также сравнительно низкой стоимости создания. Большое значение имеет и быстрота получения результатов исследования при применении ЭВМ.

В отечественной и зарубежной литературе [1, 2, 3, 5, 6, 7] дан широкий обзор проверенных на практике методов экономико-математического моделирования, среди которых можно выделить следующие: математическое программирование, вероятностно-статистические методы, методы статистической теории принятия решений и теории стратегических игр и др. Преобладающими в практике прогнозирования экономики являются вероятностно-статистические методы экономико-математического моделирования. Это связано, в основном, с наличием инерционности в развитии экономических явлений и достаточно длительной историей развития и практики применения аппарата анализа, на который опираются данные методы. Статистическую модель получают или в виде аналитически выраженной тенденции развития, или в виде уравнения зависимости от одного или нескольких факторов. В ряде случаев при изучении сложных комплексов экономических показателей прибегают к разработке взаимосвязанных систем уравнений, состоящих, в основном, из уравнений, характеризующих статистические зависимости.

Процесс потребления энергии, как и все экономические явления, характеризуется многомерной системой различных факторов: объективных и субъективных, экономических и неэкономических, внутренних и внешних, действующих нередко в неожиданном направлении и часто неизвестных. В этих условиях целесообразно применять разнообразные методы обнаружения и экстраполяции преобладающей тенденции развития данного процесса, использовать для прогнозирования найденные взаимосвязи экономических показателей анализируемого объекта и закономерности их изменения.

При этом естественным является применение статистических подходов к прогнозированию электропотребления в энергосистеме.

В качестве первого шага осмысливания информации до построения математической модели прогноза полезного отпуска электроэнергии, в данной работе была проведена обработка данных наблюдений, направленная на вскрытие различного рода статистических закономерностей, наиболее важных факторов и взаимосвязей, которые должны быть отражены моделью, параметров и переменных, которые должны быть показаны в модели, а также анализ возможности применения одного и того же математического аппарата для прогноза электропотребления по различным группам потребителей энергосистемы и энергосистеме в целом.

На основании этих данных был проведен статистический анализ показателей электропотребления по следующим категориям потребителей энергосистемы:

1. Промышленные и приравненные к ним потребители с присоединенной мощностью 750 кВА и выше – всего.
2. Промышленные и приравненные к ним потребители с присоединенной мощностью до 750 кВА.
3. Электрофицированный железнодорожный транспорт.
4. Электрофицированный городской транспорт (трамвай, троллейбус, метро).
5. Непромышленные и непроизводственные потребители, независимо от установленной мощности (освещение и технические цели).
6. Предприятия торговли и общественного питания.
7. Сельское хозяйство – всего.
8. Освещение квартир и бытовое потребление.
9. Уличное освещение и световая реклама.
10. Хозяйственные нужды энергосистемы.

Статистика рассматривалась за пятилетний период с 2010 по2014 год включительно. Для удобства анализа и расчетов ежемесячные показатели электропотребления указанных категорий потребителей из абсолютных единиц были переведены в относительные, путем приведения к показателю электропотребления за декабрь месяц, принятого за единицу.

На первом этапе обработки данных, для установления наличия корреляции между потреблением электроэнергии различными группами потребителей энергосистемы, было рассчитано одиннадцать корреляционных матриц. Матрицы коэффициентов корреляции рассчитывались ежемесячно, начиная с января месяца. При расчете этих матриц использовались показатели электропотребления по каждой группе потребителей за соответствующий месяц в течение пятилетнего периода (реализаций одной случайной величины). Полученная таким образом матрица коэффициентов парной корреляции между показателями электропотребления рассматриваемых групп потребителей за январь месяц приведена в табл. 1.

На втором этапе обработки данных была рассчитана матрица коэффициентов парной корреляции между показателями электропотребления рассматриваемых групп потребителей за 2010 год. Для расчета ее использовались ежемесячные данные электропотребления по каждой группе потребителей за этот год (12 реализаций одной случайной величины). Результаты расчета сведены в табл. 2.

Таблица 1

Матрица коэффициентов парной корреляции между показателями электропотребления десяти категорий потребителей электроэнергии января месяца 2010–2014 гг.

№ группы потреб.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0,609	0,521	0,888	0,938	0,823	0,502	0,437	0,602	– 0,901
2		1	0,523	0,641	0,590	0,985	– 0,696	– 0,252	0,949	0,542
3			1	0,539	0,605	0,915	0,873	0,605	0,577	– 0,813
4				1	0,660	0,608	0,732	0,620	– 0,280	– 0,605
5					1	0,932	0,536	0,861	0,621	– 0,629
6						1	0,201	0,592	0,759	– 0,521
7							1	0,623	0,924	– 0,687
8								1	0,793	– 0,641
9									1	0,584
10										1

Таблица 2

Матрица коэффициентов парной корреляции между показателями электропотребления десяти категорий потребителей электроэнергии января месяца 2010 г

№ группы потреб.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0,590	0,800	0,910	0,590	0,710	0,620	0,597	0,768	0,800
2		1	0,300	0,670	0,840	0,773	0,650	0,598	0,582	0,650
3			1	0,681	0,300	– 0,690	0,900	0,603	0,824	0,880
4				1	0,640	0,614	0,757	0,690	0,898	0,920
5					1	0,750	0,821	0,604	0,690	0,560
6						1	0,921	0,690	0,828	0,548
7							1	0,621	0,818	0,861
8								1	0,675	0,664
9									1	0,926
10										1

На основании анализа полученных матриц было установлено, что в 92 случаях из 100 возможных имеется положительная корреляционная связь между потреблением электроэнергии различными группами потребителей, то есть в основе вариации этих переменных лежат общие факторы. Такие, как лимит электропотребления, температура окружающего воздуха, время включения и отключения освещения и так далее. Следовательно, согласно методу корреляционного анализа, для прогноза полезного отпуска электроэнергии по каждой группе электропотребления, а также для прогнозирования итогового электропотребления по энергосистеме, можно применить один и тот же математический аппарат. В таком случае задача сводится к определению аналитического выражения, показывающего, как величина электропотребления (Э) зависит от величины определяющих ее факторов-аргументов ($в_1$; $в_2$… $в_n$), то есть, необходимо найти функцию:

$$Э = (в_1, в_2, \ldots в_n).$$

Выводы

Предлагаемый математический аппарат построения экономико-математической модели прогнозирования полезного отпуска электрической энергии, целесообразно использовать в учебных целях при подготовке специалистов в области энергетики и экономики энергетики.

Список литературы

1. Адирим Н.Г. производственно-финансовые модели. – Рига: Зинатне, 1989. – 200 с.

2. Веников В.А., Суханов О.А. Кибернетические модели электрических систем. – М.: Энергоиздат, 1992. – 328 с.

3. Краснощеков П.С. Принципы построения моделей. – М.: изд-во Московск. ун-та, 2003. – 264 с.

4. Канторович С.А. Deductor: Electra. Научно-производственное предприятие Ижинформпроект. Прогнозирование потребления электроэнергии. [Электронный ресурс] URL: http://www.bi-grouplabs.ru/Rech/plan/electraplan.html.

5. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. – М.: Статистика, 2009. – 254 с.

6. Математические методы в планировании отраслей и предприятий / Под ред. Н.Г. Попова. – М.: Экономика, 2001. – 336 с.

7. Машутин Ю.К., Торганов А.Ю. Математические основы управления в экономике // Находка: Институт технологии и бизнеса, 2003. – 216 с.

8. Почебуд Д.В. Анализ, моделирование и прогнозирование бытового потребления в региональной энергосистеме. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новочеркасск, 2009. – 18 с.