

УДК 697.245**И.В. Воронов, Е.А. Политов, В.М. Ефременко**

**МЕТОДИКА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЕЛИЧИНУ
ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ,
ПРИ СОЗДАНИИ ЕГО ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ
НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Прогнозирование, как таковое, широко используется в промышленности, финансовой и коммерческой деятельности. Прогнозирование спроса на те или иные товары и услуги, роста или падения котировок ценных бумаг, потребности предприятия в сырье и энергоресурсах – эти задачи решаются с помощью разных алгоритмов прогнозирования, в том числе, и с применением нейронных сетей. При этом каждый раз возникает задача определения необходимого и достаточного набора входных данных при заранее известных выходных параметрах.

Одной из технологических процедур на оптовом рынке электроэнергии и мощности (далее – ОРЭМ) является прогнозирование предприятием-участниками рынка своего планового почасового потребления. Прогнозная величина потребления используется при проведении конкурентного отбора ценовых заявок на производство и покупку электроэнергии в процессе проведения торгов на ОРЭМ.

Введем терминологию, позволяющую упростить описание периода прогноза на оптовом рынке электроэнергии. Пусть сутки X – сутки, на которые осуществляется подача ценовых заявок о величине планового потребления. Тогда X-1 – сутки, предшествующие суткам X.

Согласно правилам НОРЭМ, предприятие-участник рынка ежедневно, в сутки X-1, не позднее 13-00 по московскому времени, подает заявки в ОАО «АТС» о своем плановом почасовом потреблении на сутки X по каждой группе точек поставки потребления (далее – ГТПП). Как правило, каждая ГТПП участника ОРЭМ является независимым объектом потребления – заводом, фабрикой, разрезом и т.д. Например, у участника ОРЭМ «Сибэнерготрейд» имеется ряд объектов потребления: ООО "Топкинский цемент", ЗАО "Черниговец", ОАО "Кокс", ОАО "Кузнецкие ферросплавы", ООО ПО "Химпром", ОАО ЦОФ "Березовская". Каждый из этих объектов потребления описывается собственной ГТПП.

При работе предприятия на оптовом рынке электроэнергии точность прогнозируемых (заявляемых) значений почасового потребления будет напрямую определять дополнительные финансовые издержки, связанные с оплатой отклонений заявленных значений почасового электропотребления от его фактических почасовых значений.

Таким образом, целью краткосрочного прогноза для участника ОРЭМ является определение

прогнозных почасовых величин электропотребления по каждому объекту потребления на следующие сутки.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Произвести анализ структуры электропотребления исследуемого объекта.

2. Построить прогнозную модель электропотребления объекта [1], [2], на основе данных произведенного анализа.

В данной статье приведена методика анализа структуры электропотребления промышленного предприятия, позволяющая подготовить необходимый набор входных и выходных параметров для построения его прогнозной модели, основанной на искусственной нейронной сети.

Часовая величина электропотребления предприятия есть сумма величин часового электропотребления всех его электроприемников. Совокупность электроприемников предприятия может быть разделена на группы, объединенные по технологическим признакам нижеприведенным способом.

Все электроприемники группируются на основании их принадлежности к тому или иному технологическому процессу, либо части того или иного технологического процесса. Количество групп в этом случае будет определяться количеством разнородных технологических процессов, присутствующих в производственном цикле данного предприятия, а также сложностью этих технологических процессов. Сложный технологический процесс целесообразно разделить на ряд простых технологических процессов. Под технологическим процессом в данном случае понимается не только непосредственное производство основной продукции данного предприятия, но и производство продукции и работ, имеющих вспомогательный характер [4] (например, создание микроклиматов в помещениях, освещение помещений и территорий).

В итоге, все электроприемники предприятия будут поделены на группы. Каждая группа будет обладать определенным, свойственным ей технологическим процессом. Электропотребление электроприемников, входящих в каждую группу будет зависеть от ряда параметров, прежде всего параметров технологического процесса, затем – от параметров окружающей среды и т.п. Для каждой группы электроприемников из общего ряда таких параметров можно выделить параметры, которые

будут непосредственно определять величину электропотребления (такие параметры будем называть «определяющими»), и ряд параметров, которые будут косвенным образом влиять на него (такие параметры будем называть «влияющими»). Так, например, для группы электроприемников, осуществляющей производство некоторых изделий, параметром, определяющим электропотребление, будет являться план по выпуску этих изделий, а к влияющим параметрам можно отнести долготу светового дня. В то же время, для электропотребления системы наружного освещения территории предприятия долгота светового дня будет являться определяющим параметром.

Разделение параметров на «определяющие» и «влияющие» достаточно условно. Прогнозная модель, основанная на современных методах прогнозирования, в частности на использовании искусственных нейронных сетей, в процессе своего обучения сама определяет «вклад» того или иного параметра в общее электропотребление прогнозируемого объекта. Однако, предварительная информация о степени влияния на прогнозируемую величину того или иного влияющего параметра позволяет ускорить обучение сети [3, стр. 315] (что немаловажно при краткосрочном и оперативном прогнозировании), а так же избежать попадания сети в процессе обучения в точки локальных минимумов [3, стр. 313].

Выходным параметром для каждой группы электроприемников будет являться её электропотребление.

Таким образом, в результате разделения всех электроприемников на группы с последующим выделением параметров, определяющих электропотребление и влияющих на него, будет сформирован набор входных параметров для построения прогнозной модели, аналогичный приведенному в табл. 1.

У каждой группы электроприемников будет свой набор параметров, определяющийся исключительно свойствами электроприемников, входящих в данную группу. Но один и тот же параметр может влиять на электропотребление различных групп.

Однако открытым остается вопрос о том, с

помощью какого научного метода выделять группы электроприемников и находить указанные наборы параметров, ведь выделение «влияющих» и «определяющих» параметров – достаточно сложный, трудоемкий и трудно формализуемый процесс.

В качестве такого метода мы предлагаем использовать один из коллективных методов экспертных оценок – метод «Дельфи» [5, стр. 25].

Под экспертными (интуитивными) оценками понимают комплекс логических и математических процедур, направленных на получение от специалистов информации, её анализ и обобщение с целью подготовки и выработки решений [5, стр. 24]. В нашем случае решением будет являться выбор параметров, определяющих величину электропотребления и влияющих на него. Решающим достоинством метода экспертных оценок является то, что он позволяет получить результаты в тех случаях, когда невозможно применение формализованных методов оценки.

В методе «Дельфи» принимают участие две группы специалистов: группа управления и группа экспертов. Сам метод «Дельфи», или метод «Дельфийского оракула», представляет собой итеративную процедуру анкетного опроса. При этом должны соблюдаться требования отсутствия личных контактов между экспертами и обеспечения их полной информацией по всем результатам оценок после каждого этапа опроса с сохранением анонимности оценок, аргументации и критики.

Процедура метода включает несколько последовательных этапов опроса. На первом этапе производится индивидуальный опрос экспертов, обычно в форме анкет. Эксперты дают ответы, не аргументируя их. Затем результаты опроса обрабатываются, и формируется коллективное мнение членов группы экспертов, выявляются и общаются аргументации в пользу различных суждений. На втором – вся информация сообщается экспертам, и их просят пересмотреть оценки и объяснить причины своего несогласия с коллективным суждением. Новые оценки обрабатываются повторно, и осуществляется переход к следующему этапу. Практика показывает, что после трех-четырех этапов ответы экспертов стабилизируются, и необхо-

Таблица 1. Образец выходной формы

Наименование группы электроприемников	Список электроприемников группы	Параметры, определяющие электропотребление группы	Параметры, влияющие на электропотребление группы
Группа 1	Электроприемник 1; Электроприемник 2; Электроприемник 3	Параметр 1, параметр 2,
Группа 2	Электроприемник 4
...
Группа п	Электроприемник m-2; Электроприемник m-1; Электроприемник m

димо прекращать процедуру [5, 25].

Достоинством метода «Дельфи» по сравнению с множеством других методов экспертных оценок является использование обратной связи в ходе опроса, что значительно повышает объективность экспертных оценок.

Основные этапы процесса экспертного оценивания

1. Формирование цели и задач экспертного оценивания. В нашем случае целью экспертного оценивания будет формирование набора входных данных для прогнозной модели, а задачами – разбиение всех электроприемников на группы, и составление списка параметров, определяющих электропотребление каждой группы, и параметров, влияющих на него.

2. Формирование группы управления.

3. Выбор метода получения экспертной информации и способов её обработки.

4. Подбор экспертной группы и формирование при необходимости анкет опроса.

5. Опрос экспертов (экспертиза).

6. Обработка и анализ результатов экспертизы.

7. Интерпретация полученных результатов.

8. Составление отчета.

Таким образом, предлагаемая нами методика анализа электропотребления промышленных предприятий для целей построения прогнозной модели будет включать в себя следующие этапы.

1. Формирование группы управления анализом электропотребления.

2. Подготовка группой управления совместно со службой главного энергетика предприятия и

специалистами-технологами общего списка электроприемников предприятия.

3. Подготовка группой управления необходимых материалов для проведения процедуры распределения электроприемников на группы (разработка анкет, выбор метода обработки данных экспертов, разработка выходных форм и т.п.).

4. Подбор группой управления состава экспертной группы как из числа специалистов предприятия, так и с привлечением сторонних специалистов.

5. Организация группой управления проведения необходимого числа этапов экспертизы (на каждом этапе эксперты разделяют электроприемники по технологическим группам, и формируют список параметров определяющих электропотребление и параметров, влияющих на него).

6. Обработка и анализ группой управления результатов экспертизы, с привлечением экспертной группы для консультаций по недостающей информации, необходимой для окончательного формирования прогноза.

7. Подготовка группой управления набора входных и выходных параметров для построения прогнозной модели электропотребления предприятия.

Заключение. Предложенная методика позволяет подготовить необходимый набор входных и выходных параметров для построения прогнозной модели электропотребления промышленного предприятия, основанной на искусственной нейронной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Политов Е.А., Воронов И.В., Ефременко В.М. Использование нейронной сети для долгосрочного прогнозирования электропотребления промышленного предприятия // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2006. № 6. С. 71-73.
2. Воронов И.В., Политов Е.А., Ефременко В.М. Использование нейронной сети для краткосрочного прогнозирования электропотребления промышленного предприятия // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2006. № 6. С. 73-74.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. - 1104 с.
4. Ефременко В.М., Воронов И.В. Анализ электропотребления на предприятии по производству химического волокна // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2006, № 6. С. 85-87.
5. Тихонов Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие. – Невинномысск, 2006. – 221 с.

□Авторы статьи:

Ефременко
Владимир Михайлович
– канд. техн. наук, доцент
кафедры электроснабжения горных
и промышленных предприятий, тел.
8-902-756-6474, chief@kemcity.ru

Воронов
Иван Викторович
– ассистент кафедры элек-
троснабжения горных и промыш-
ленных предприятий, тел. 3842- 36-
53-13, viv@osib.so-ups.ru

Политов
Евгений Александрович
– соискатель кафедры элек-
троснабжения горных и промыш-
ленных предприятий
тел. 3842- 36-70-13,
rea@osib.so-ups.ru