

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

При построении прогнозной модели электропотребления промышленного предприятия на основе искусственной нейронной сети [1-3] одним из первых этапов является определение входных параметров для искусственной нейронной сети – параметров, которые в той или иной мере определяют величину электропотребления предприятия. Согласно методике [4], все электроприемники предприятия сначала должны быть разбиты на группы по тем или иным технологическим признакам, а затем для каждой группы должны быть выделены параметры, «определяющие» и «влияющие» на электропотребление этой группы.

Разбиение всех электроприемников на группы и определение «влияющих» и «определяющих» параметров – достаточно сложная, трудоемкая и трудно формализуемая задача. Для решения этой задачи 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 обобщаются аргументации в пользу различных суждений. На втором этапе вся информация сообщается экспертам, и их просят пере-

смотреть 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 необходимо прекращать процедуру [5, 25].

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

Основные этапы процесса экспертного оценивания сводятся к следующим.

1. Формирование цели и задач экспертного оценивания.
2. Формирование группы управления.
3. Выбор метода получения экспертной информации и способов её обработки.
4. Подбор экспертной группы и формирование анкет опроса.
5. Опрос экспертов (экспертиза).
6. Обработка и анализ результатов экспертизы.
7. Интерпретация полученных результатов.
8. Составление отчета.

Ниже нами определены цель и задачи экспертного оценивания при построении прогнозной модели электропотребления промышленного предприятия, представлены предложения по формированию группы управления и экспертной группы, а также методы получения экспертной информации и способы её обработки. Разработаны анкеты для проведения опроса экспертов и предложены методы анализа и обработки результатов экспертизы.

В нашем случае целью экспертного оценивания будет формирование набора входных параметров для построения прогнозной модели электропотребления промышленного предприятия на основе искусственной нейронной сети.

Для достижения этой цели необходимо решить две задачи [4].

1. Разбить все электроприемники предприятия на группы по технологическим признакам (по назначению).
2. Составить список параметров, определяющих электропотребление каждой группы электроприемников, и параметров, влияющих на него.

Цель и задачи экспертного оценивания определяют его результат. В нашем случае результатом экспертной оценки будет таблица с приведенными группами электроприемников, в которой

для каждой группы будут определены влияющие и определяющие параметры для её электропотребления.

В состав группы управления должны входить:

- группа исследователей, непосредственно занимающаяся построением прогнозной модели для данного промышленного предприятия. Специалисты этой группы должны обладать достаточными знаниями о сущности метода экспертных оценок, правилах проведения опросов экспертов, и методах обработки результатов опроса;

- группа представителей службы главного энергетика предприятия, обладающих знаниями о схеме электрической сети предприятия, количестве и параметрах электротехнологического оборудования;

- группа представителей технологических служб предприятия, обладающих знаниями обо всех технологических процессах предприятия, их взаимосвязи, а также о параметрах технологического оборудования предприятия.

Численность группы управления должна быть такова, чтобы суммарная квалификация группы позволила ей правильно сформировать анкеты опроса, выбрать экспертов, провести их опрос и, обработав результаты экспертизы, составить сводный отчет [6]. Оптимальным представляется участие в группе управления 6 специалистов, по два человека от групп исследователей, энергетиков и технологов предприятия. Для каждого участника группы управления необходимо составить анкету, представленную в табл. 1.

Для получения экспертной информации при использовании метода Дельфи используется анкетирование – сбор информации с экспертов посредством заранее сформированных анкет. Опрос экспертов производится, как правило, 3-4 раза [5]. При этом форма анкеты для первого опроса готовится группой управления на основании собственных знаний участников группы управления об исследуемом предприятии, а для проведения последующих опросов – на основании обработки результатов предыдущего опроса.

Форма анкеты для проведения первого опроса состоит из таблиц 2 и 3.

Оценка компетенции эксперта группой управления и оценка собственной компетенции эксперта необходимы для вычисления коэффициента

компетенции эксперта [5].

Таблица 1. Анкета участника группы управления

Фамилия Имя Отчество	
Место работы	
Должность	
Специальность	
Стаж работы по специальности	
Образование	

Таблица 2. Личные данные участника экспертной группы

Фамилия Имя Отчество	
Место работы	
Должность	
Специальность	
Стаж работы по специальности	
Образование	
Оценка собственной компетенции (от 1 до 10 баллов)	
Оценка компетенции эксперта группой управления (от 1 до 10 баллов, заполняется группой управления после проведения анкетирования)	

Оценка компетенции эксперта группой управления, производится после проведения первого опроса, на основании совокупного суждения группы управления, и может корректироваться после каждого опроса экспертов.

Количественная оценка компетенции эксперта – коэффициент компетенции эксперта K_{κ} , определяется по следующей формуле:

$$K_{\kappa} = \frac{2\lambda_{ey} + \lambda_{co}}{3P} \quad (1)$$

где λ_{ey} – оценка компетенции эксперта группой управления в баллах; λ_{co} – оценка собственной компетенции в баллах; P – максимум оценки в баллах.

Коэффициент компетентности может принимать значения от 0 до 1. Близость к 1 свидетельствует об обоснованности мнений экспертов [7].

Таблица 3. Список технологических процессов предприятия и параметров, определяющих электропотребление электроприемников технологических процессов, и влияющих на него

Номер технологического процесса	Наименование технологического процесса	Список электроприемников, относящихся к данному технологическому процессу	Параметры, определяющие электропотребление электроприемников технологического процесса	Параметры, влияющие на электропотребление электроприемников технологического процес-са	Комментарий
1	2	3	4	5	6

Перед проведением первого опроса группой управления формируется список технологических процессов, имеющихся на предприятии, и общий список электроприемников предприятия. Затем, группа управления распределяет все электроприемники по технологическим процессам. При первом опросе экспертам предоставляется таблица 3 с заполненными группой управления колонками 1-3. Эксперты вписывают в колонки 4 и 5 те параметры, которые, по их мнению, определяют электропотребление и влияют на него. Колонку «Комментарий» допускается не заполнять. Во время последующих опросов экспертам предоставляется таблица 3 с уже заполненными на основании обработки группой управления результатов предыдущих опросов, колонками 4 и 5. Эксперт может добавить или убрать параметры в колонках 4 и 5 (то есть согласиться или не согласиться с коллективным суждением), при этом объяснив своё решение в колонке 6 «Комментарий».

При формировании группы экспертов основными являются вопросы определения её качественного и количественного состава [8-9].

Для получения качественной оценки объекта экспертизы к участникам экспертизы предъявляется ряд требований [10], основными из которых являются:

- высокий уровень общей эрудиции;
 - глубокие специальные знания в оцениваемой области;
 - наличие производственного или исследовательского опыта в рассматриваемой области.
- В нашем случае, в качестве экспертов целесообразно выбирать следующих специалистов:
- специалистов-энергетиков исследуемого предприятия;
 - специалистов-технологов исследуемого предприятия;
 - специалистов-энергетиков из других предприятий той же отрасли;
 - специалистов-технологов из других предприятий той же отрасли;
 - представителей научных учреждений, ведущих научно-исследовательские работы в той же отрасли;
 - представителей образовательных учреждений готовящих специалистов-энергетиков и специалистов технологов для работы на предприятиях той же отрасли.

Не менее важен вопрос о минимальном и максимальном количестве экспертов, участвующих в экспертизе исследуемого объекта. В [5], [8], [10] приводятся различные подходы к определению максимальной и минимальной численности группы экспертов. Как правило, максимальная численность группы ограничивается рядом причин организационного характера, как то:

1. Возможность привлечения к опросу желаемого количества экспертов. В случае, если объект экспертизы достаточно сложен, то количество

специалистов, достаточно компетентных для достоверного его оценивания, может быть ограниченным.

2. Возможность организации итерационного процесса опроса с участием желаемого количества экспертов. При большом количестве участников экспертной группы возрастают финансовые расходы на организацию и проведение опросов. Кроме того, в случае, если эксперты живут и работают в разных городах, возрастает сложность взаимодействия группы управления с группой экспертов, даже при наличии современных средств связи.

В то же время, минимальная численность группы экспертов устанавливается, исходя из желаемой достоверности результатов оценки. Как показывает практика [8], при проведении экспертной оценки сложного технического объекта численность группы экспертов должна быть не ниже 15-20 человек.

В каждом случае, вопрос о достаточной численности группы экспертов должны решать участники группы управления, исходя из существующих характеристик и особенностей объекта экспертизы, а также других условий конкретной экспертизы. При проведении оценки электропотребления промышленного предприятия количественный состав группы экспертов в 15-20 человек представляется удовлетворительным, при условии достаточной компетенции экспертов.

После формирования группы экспертов группа управления организует первый опрос. Каждому эксперту предоставляется анкета, содержащая табл. 2 и 3. Он заполняет все поля табл. 3, за исключением строки «Оценка компетенции эксперта группой управления», которая заполняется группой управления, после получения заполненной анкеты. Табл.3 предоставляется эксперту с заполненными колонками 1-3. Эксперт должен вписать в колонки 4 и 5 те параметры, которые, по его мнению, определяют электропотребление каждой группы и влияют на него. При проведении первого опроса колонка 6 заполняется по желанию эксперта. В данной колонке он может прокомментировать принятие того или иного своего решения.

Полученные от всех участников группы экспертов анкеты обрабатываются группой управления. Результатом данной обработки является сводная таблица по форме табл. 3, содержащая обобщенные результаты первого опроса экспертов. При проведении второго и последующих опросов участникам экспертной группы предоставляется анкета только с табл. 3, в которой заполнены колонки 1-5, причем колонки 4 и 5 заполнены на основании обработки результатов предыдущего опроса. Эксперт может вычеркнуть из колонок 4 и 5 лишние, по его мнению, параметры и вписать нужные. При этом эксперт обязательно должен обосновать свое решение по каждому убранному или добавленному параметру в колонке 6.

При троекратном [5] опросе группы экспертов

произойдет сужение диапазона оценок и повышение их достоверности.

Методы, применяемые для обработки результатов опроса, различаются в зависимости от формы ответов на вопросы анкеты. При ответах в числовом виде (степень влияния, важность), как правило, для оценки результатов применяют методы ранговой корреляции Спирмена или Кендалла [11], [12]. В нашем случае ответы представляются в формализованном виде и нужно применять ранговую оценку.

В процессе обработки результатов группа управления для каждого параметра определяет его ранг R_n , как сумму компетенции экспертов, указавших данный параметр:

$$R_n = \sum_{i=1}^k K_{k\circ i} \quad (2)$$

где $K_{k\circ i}$ – коэффициент компетенции i -го эксперта; k – количество экспертов указавших данный параметр в данной ячейке таблицы.

На основании обработки всех анкет группа управления формирует таблицу, где для каждой технологической группы будет представлен свод-

ный список параметров, определяющих электропотребление группы, и сводный список параметров, влияющих на электропотребление группы, с указанием ранга для каждого параметра.

Группа управления анализирует параметры и малом ранге может принять решение об исключении данного параметра из сводного списка. Возможна ситуация, когда для одной и той же технологической группы один и тот же параметр будет занесен разными экспертами и во влияющие, и в определяющие параметры (колонки 4 и 5). В таком случае группа управления сравнивает ранговые оценки этого параметра в колонках 4 и 5 и принимает решение об отнесении этого параметра только к одной из групп параметров (определяющие или влияющие параметры).

На основании анализа сводной таблицы, полученной в результате обработки анкет последнего опроса, группа управления формируется отчет о проведенной экспертной оценке предприятия. Отчет включает в себя сводную таблицу с указанием личных данных экспертов, коэффициентов компетенции экспертов и коэффициента компетенции группы экспертов.

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. Политов Е.А., Воронов И.В., Ефременко В.М. Принципы построения прогнозной модели электропотребления промышленного предприятия на основе искусственной нейронной сети// Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2009. № 3. С. 62-65 .
4. Воронов И.В., Политов Е.А., Ефременко В.М. Методика выбора входных параметров нейронной сети для прогнозирования электропотребления промышленного предприятия // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2009. №5. С. 58-60 .
5. Тихонов Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие. – Невинномысск, 2006. – 221 с.
6. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980. – 263 с.
7. Бондаренко Л.Г. Методика выбора ERP-системы в качестве основы интегрированной системы управления предприятием // Финансовая газета. 2005. № 14.
8. Евланов Л.Г., Кутузов В.А. Экспертные оценки в управлении. М.: Экономика, 1978. 134 с.
9. Добров Г.М., Ериков Ю.В., Левин Е.И., Смирнов Л.П. Экспертные оценки в научно техническом прогнозировании. Киев.: Наук. думка, 1974.
10. Попов Э.В. Экспертные системы. М.: Наука, 1987.
11. Кендалл М.Дж., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. М.: Наука, – 1973. – 899 с.
12. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: Юнити, – 1998. – 1022 с.

□ Авторы статьи:

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

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

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