

Direct-Injection Diesel Engine, SAE Technical Paper 831734, 1983.

8. Pat. № 2428242. Sposob termomagnitnoy separatsii vozdukha i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya / V.V. Belozerov, S.I. Bosykh, A.A. Novakovich i dr. 12.10.2006.

9. Pat. № 83243 Ustroystvo dlya polucheniya vozdukha, obogashchennogo kisloro-

dom / V.A. Zukkel, I.V. Zukkel. 27.05.2009 g.

10. Pat. № 166798 Rossiyskaya Federatsiya MPK S01V 13/02 / Ustroystvo dlya vydeleniya kisloroda iz vozdukha / Buzoverov S.Yu., Protasov N.S. Zayavitel i patentoobladatel Protasov N.S. – № 2016111595/05; zayavl. 28.03.2016; opubl. 10.12.2016, Byul. № 34.



УДК 621.316.519

В.Л. Осокин, Б.В. Папков
V.L. Osokin, V.V. Papkov

ЭКСПЕРТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОСЛЕДСТВИЙ УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКОЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

EXPERT EVALUATION OF INDICATORS OF LOAD CONTROL CONSEQUENCES IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Ключевые слова: надёжность электроснабжения, сельское хозяйство, экспертные оценки, вероятность, неопределённость, теория принятия решений.

Для достоверной оценки показателей надёжности систем электроснабжения сельских потребителей в условиях их проектирования, модернизации и эксплуатации необходимо иметь информацию о показателях, получение которых затруднено в силу различных причин. Оценку показателей последствий внезапных и преднамеренных нарушений электроснабжения потребителей в сельскохозяйственном производстве, а также при управлении их электропотреблением предлагается производить с использованием экспертных методов. Информация, на основании которой эксперты должны определить рассматриваемые показатели, крайне невелика по объему и не содержит прямого ответа на поставленный вопрос. При этом решающее влияние на оценки, высказываемые экспертами, оказывает опыт решения других задач, непосредственно относящихся к сфере их деятельности, а также качество изучения физических основ анализируемых энерготехнологических процессов и инженерная интуиция. При решении задач оценки параметров неблагоприятных событий у экспертов, как правило, появляется склонность к преувеличению плохого, поэтому можно ожидать завышения этих оценок. Причем оценки

специалистов по эксплуатации бывают более пессимистичны, чем оценки проектировщиков. Представлены алгоритмы обработки индивидуальных оценок экспертов по каждому из анализируемых параметров, представляемых с указанием возможных пределов их изменения или наиболее вероятных значений. В этом случае рассматриваемые величины являются элементами матриц непосредственно экспертной оценки. Результат представляет коллективную экспертную оценку каждого параметра, включающую математическое ожидание, дисперсию и степень согласованности мнений. Показаны особенности и даны рекомендации по применению методов экспертных оценок для решения задач надёжности электроснабжения. В зависимости от постановки решаемой задачи и характера и технологических особенностей анализируемого производства могут вводиться весовые коэффициенты значимости отдельных факторов или их групп, что обеспечивает, например, приоритет экономической или технологической оценки последствий нарушений электроснабжения и (или) управления режимами электропотребления. Так, на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности больший приоритет имеют факторы, определяющиеся особенностями технологического процесса, а в машиностроении и в сельскохозяйственном производстве – экономические последствия.

Keywords: power supply reliability, agriculture, expert evaluation, probability, uncertainty, decision-taking theory.

For reliable evaluation of reliability indicators of power supply systems of rural consumers in terms of their designing, upgrading and operating it is necessary to have information about indicators which is difficult to obtain due to various reasons. It is proposed to use expert methods when evaluating the consequences indicators of sudden and deliberate power supply interruption in agricultural production and in controlling electricity consumption. The information to be evaluated is limited and does not contain the direct answers to the posed questions. At the same time decisive influence on the expert evaluation is exerted by the experience of solving other problems which directly relate to the sphere of experts' activity and also studying the quality of physical bases of the analyzed energy-technological processes and engineering intuition. When evaluating adverse events, experts tend to exaggerate bad effects, therefore it is possible to expect overestimation. The estimations of operational specialists are more pessimistic than designers' estimations. The

algorithms of individual expert estimation processing for each analyzed parameter introduced with the indication of possible limits of their change or the most probable values are presented. In this case the considered indicators will be the elements of expert evaluation matrixes directly. The result represents a collective expert evaluation of each parameter including mathematical expectation, dispersion and degree of consensus. The features of methods of expert evaluations are shown and recommendations on the application of methods of expert evaluation for the solution of problem of power supply reliability are made. Depending on the solved problem background and the nature and technological features of analyzed production, weight coefficients of the importance of individual factors or their groups may be entered which provides, for example, the priority of economic or technological evaluation of consequences of power failure and (or) controlling of power consumption modes. Thus, at chemical and petrochemical the enterprises these are the factors defined by the peculiarities of technological process, and in engineering industry and agricultural production – economic consequences have greater priority.

Осокин Владимир Леонидович, к.т.н., доцент, зав. каф. «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: osokinvl@mail.ru.

Папков Борис Васильевич, д.т.н., проф., каф. «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: osokinvl@mail.ru.

Osokin Vladimir Leonidovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Electrification and Automation, Nizhny Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: osokinvl@mail.ru.

Papkov Boris Vasilyevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Electrification and Automation, Nizhny Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: osokinvl@mail.ru.

Введение

При использовании методов экспертных оценок основным источником информации является эксперт – его суждения, качественные и количественные оценки. Характер информации, получаемой от эксперта, различен, следовательно, различны методы её анализа и обработки. Существующие рекомендации по использованию экспертных методов разработаны для условий, во многом отличающихся от задач, решаемых при анализе последствий нарушений электроснабжения сельских потребителей и управления их нагрузкой. Однако применение их при оценке и прогнозировании количественных значений вероятностных и неопределённых величин, последствий режимов электроснабжения потребителей, отличающихся от нормального, является признанным и действенным средством. Отмеченное состояние дел ставит в качестве первоочередной задачу выработки ясных, относительно простых и разумных представлений об экспертизе и её основных этапах.

Информационное обеспечение задач оценки последствий нарушения нормального режима электроснабжения сельских потребителей обеспечивается показателями на основе годовых отчётов, плановых, договорных и проектно-технологических норм, директивных и инструктивных материалов, калькуляций себестоимости продукции и др. [1, 2]. В современных условиях эксплуатации систем электроснабжения (СЭС) для достоверной оценки надёжности необходимо дополнительно иметь информацию о таких показателях, как:

- вероятность катастрофических последствий;
- вероятность повреждения технологического оборудования;
- вероятность брака выпускаемой продукции;
- вероятность возникновения отдельных составляющих ущерба;
- безопасность внезапных отключений для технологического персонала;
- максимальная длительность нарушения электроснабжения, не приводящая к срыву технологического процесса производства;

- длительность наладки технологического процесса после восстановления нормального режима электроснабжения;
- длительность выхода на номинальную производительность после наладки технологического процесса;
- значения коэффициентов расхода энергоносителей в разных режимах работы технологического оборудования и ряде других.

Результаты и обсуждение

Расчёт подобных показателей путём проведения активного эксперимента практически невозможен из-за технических трудностей и больших материальных потерь. Применение аналитических методов ограничено большой размерностью решаемой задачи. Классические статистические методы также неприменимы, поскольку однородные массивы необходимой информации недостаточны для их достоверной оценки. Поэтому одним из путей решения подобного класса задач является метод экспертных оценок [3] с учётом особенностей задач надёжности СЭС [2].

Сбор экспертных данных понимается как этап процесса принятия решений. Но экспертное суждение – это не решение, а только полезная информация, помогающая наиболее обоснованному принятию решения.

Следует подчеркнуть, что экспертная оценка перечисленных параметров требует привлечения квалифицированных экспертов не широкой, а наоборот, относительно узкой специализации. На однотипных сельскохозяйственных производственных объектах количественный состав экспертной группы определяется в большинстве случаев двумя-тремя специалистами. Проблемы, решаемые с помощью классического экспертного оценивания, в основном относятся к задаче ранжирования объектов или их свойств с целью выделения наиболее существенных из исследуемой совокупности, а также к задачам прогнозирования развития анализируемых объектов. Оценка показателей, характеризующих срывы и восстановления технологического процесса после проведения регулировочных мероприятий или полного нарушения электроснабжения, относится к задаче прогнозирования неизвестных показателей на определенном интервале. Например, показателей, характеризующих длительность наладки технологического процесса $t_{\text{ТН}}$ после восстановления электроснабжения и длительность выхода на доаварийную производительность $t_{\text{пуск}}$.

Предельными границами этого интервала $0 < t < t_{\text{max}}$ является средняя максимальная длительность рассматриваемых величин t_{max} при пуске производства после капитального ремонта или после окончания строительно-монтажных работ.

Информация, на основании которой эксперты должны определить рассматриваемые показатели, крайне невелика по объёму и не содержит прямого ответа на поставленный вопрос. При этом решающее влияние на оценки, высказываемые экспертами, оказывают опыт решения других задач, непосредственно относящихся к сфере их деятельности, а также качество изучения физических основ анализируемых энерго-технологических процессов и инженерная интуиция. При решении задач оценки параметров неблагоприятных событий у экспертов, как правило, появляется склонность к преувеличению плохого, поэтому можно ожидать завышения этих оценок. Причем оценки специалистов по эксплуатации бывают более пессимистичны, чем оценки проектировщиков.

Опрос экспертов в различных отраслях промышленности и сельскохозяйственного производства показал, что формулировка вопросов в явном виде практически невозможна, так как большинство экспертов-практиков не может в достаточной мере абстрагироваться от конкретных, в большинстве случаев нормальных условий работы того или иного сельскохозяйственного производственного объекта и плохо оперируют вероятностными категориями. Опрос, как правило, проводится в один-два тура, так как дальнейшее увеличение числа туров опроса к уточнению оценок практически не приводит. При этом компетентность экспертов часто принимается одинаковой, так как в пределах опыта привлекаемых экспертов экстремальные ситуации относительно редки, а сами эксперты в своих оценках достаточно осторожны.

Поскольку не существует «универсальных» экспертов, одной из наиболее важных задач следует считать установление схемы для обобщения информации по различным аспектам решаемой проблемы. Во-первых, эффективность работы экспертной группы повышается за счет предельно четкой и однозначной формулировки вопросов анкеты, к которой, при необходимости, прилагаются поясняющие инструкции. Во-вторых, все оцениваемые параметры предлагается представлять в виде отдельных совокупностей: временные характеристики процессов

срыва и восстановления работы производственных объектов при изменении режимов их электроснабжения; характеристики относительного перерасхода трудо- и энергозатрат при простое, наладке и доведении технологического процесса до номинального режима; характеристики, последствий, связанных с внезапностью останова производственных объектов. В-третьих, увеличение объема информации, повышение её точности и некоторое устранение смещения оценок достигается при анализе последствий в ситуациях, аналогичных нарушениям электроснабжения. Получаемые при этом сведения, например, о последствиях остановки производственных объектов из-за нарушений водо- и воздушноснабжения, тепло- и топливоснабжения, по технологическим причинам, позволили сделать объективные выводы о значениях искомых параметров.

Расчёт подобных показателей путём проведения активного эксперимента практически невозможен из-за технических трудностей и больших материальных потерь. Применение аналитических методов ограничено большой размерностью решаемой задачи. Классические статистические методы также неприменимы, поскольку однородные массивы необходимой информации недостаточны для их достоверной оценки. Поэтому одним из путей решения подобного класса задач является метод экспертных оценок [3], но с учётом особенностей задач надёжности СЭС [2]. Однако, когда оцениваются вероятности неблагоприятных событий, у экспертов, как правило, проявляется склонность к преувеличению плохого, что приводит к смещению оценок.

Регистрация субъективных величин в рамках экспертной процедуры строится так, чтобы эксперт на поставленный вопрос отвечал не вполне однозначно, так как в общем случае не существует абсолютно точного значения исследуемого показателя. Количественная экспертная оценка может задаваться некоторым нечётким интервалом без явно очерченных краев. Плотность такого интервала неравномерна. Каждый эксперт называет нижнюю (оптимистическую) a и верхнюю (пессимистическую) b границы рассматриваемого параметра, выход за которые он считает маловероятным. Ширина интервала между a и b в какой-то мере свидетельствует о степени уверенности эксперта в своем высказывании.

Экспертом i предполагается, что неизвестная количественная характеристика x

рассматривается как случайная величина, имеющая, с точки зрения эксперта, непрерывную одномодальную, ограниченную по абсциссе плотность с оптимистической a_i и пессимистической b_i границами распределения. При этом, как правило, выбираются β -распределение, логарифмически нормальное или равномерное с соответствующими числовыми характеристиками [4, 5]:

$$\begin{aligned} M(x_i) &= \frac{3a_i + 2b_i}{5}, D(x_i) = 0,04(b_i - a_i)^2; \\ M(x_i) &= \frac{1,4a_i + b_i}{2,4}, \\ D(x_i) &= 0,04(b_i - a_i)^2; \\ M(x_i) &= \frac{a_i + b_i}{2}, \\ D(x_i) &= 0,08(b_i - a_i)^2. \end{aligned} \quad (1)$$

Как показали расчёты, выбор вида распределения на этом этапе практически не влияет на конечный результат, поскольку точность экспертной информации относительно невелика. Максимальное расхождение между оценками составило не более 20%. Поэтому в дальнейшем использовалось наиболее простое равномерное распределение.

Несомненный интерес представляет интервальная оценка полученных числовых характеристик. В соответствии с неравенством Чебышева [6]:

$$P[-my \leq x - M(x) \leq my] > 1 - \frac{1}{m^2},$$

где $y = \sqrt{D(x)}$, при $m = 2$, в этот интервал входят не менее 75% наиболее вероятных значений рассматриваемой случайной величины, что вполне допустимо при использовании методики экспертного оценивания.

Изложенная методика применялась для определения коэффициентов перерасхода энергоносителей, продолжительности простоя и изменения нормального режима работы технологических агрегатов, длительности ремонтных работ, длительности нарушения электроснабжения, не приводящей к срыву технологического процесса и др.

При наличии оценок n экспертов с учётом весовых коэффициентов c_i ($i = \overline{1, n}$) их компетентности [3]

$$\begin{aligned} M(x) &= \sum_{i=1}^n c_i M(x_i), D(x) = \sum_{i=1}^n c_i D(x_i), \\ 1 &\geq c_i \geq 0, \sum_{i=1}^n c_i = 1. \end{aligned} \quad (2)$$

Получение объективной оценки исследуемых параметров, отражающей мнение всех опрошенных экспертов, связано с переходом от индивидуальных оценок к коллективной, групповой оценке. Если каждый интервал представляет собой высказывание i -го эксперта $i(=\overline{1, n})$ по интересующему показателю X , то их пересечение $\bigcap_{i=1}^n [a, b]_i$ характеризует степень единодушия (согласованности) экспертной группы. Пересечение интервалов может быть построено графически (рис.), если при проведении опроса каждому эксперту предложить шкалу, определяющую степень его уверенности в своих высказываниях. Это позволяет построить гистограмму, состоящую из прямоугольников определенной длины,

построенных на всех интервалах изменений анализируемых параметров, определённых экспертами.

Выработка коллективной экспертной оценки с помощью пересечения индивидуальных высказываний ставит всех экспертов в одинаковые условия. Для получения групповой оценки, отражающей неравенство компетентности экспертов, возникающее из-за различия в уровне знаний, объективности и информированности, стажа производственной деятельности необходимо ввести весовые коэффициенты компетентности c_i , индивидуальные для каждого экс-

перта, с соблюдением условия $\sum_{i=1}^n c_i = 1$.

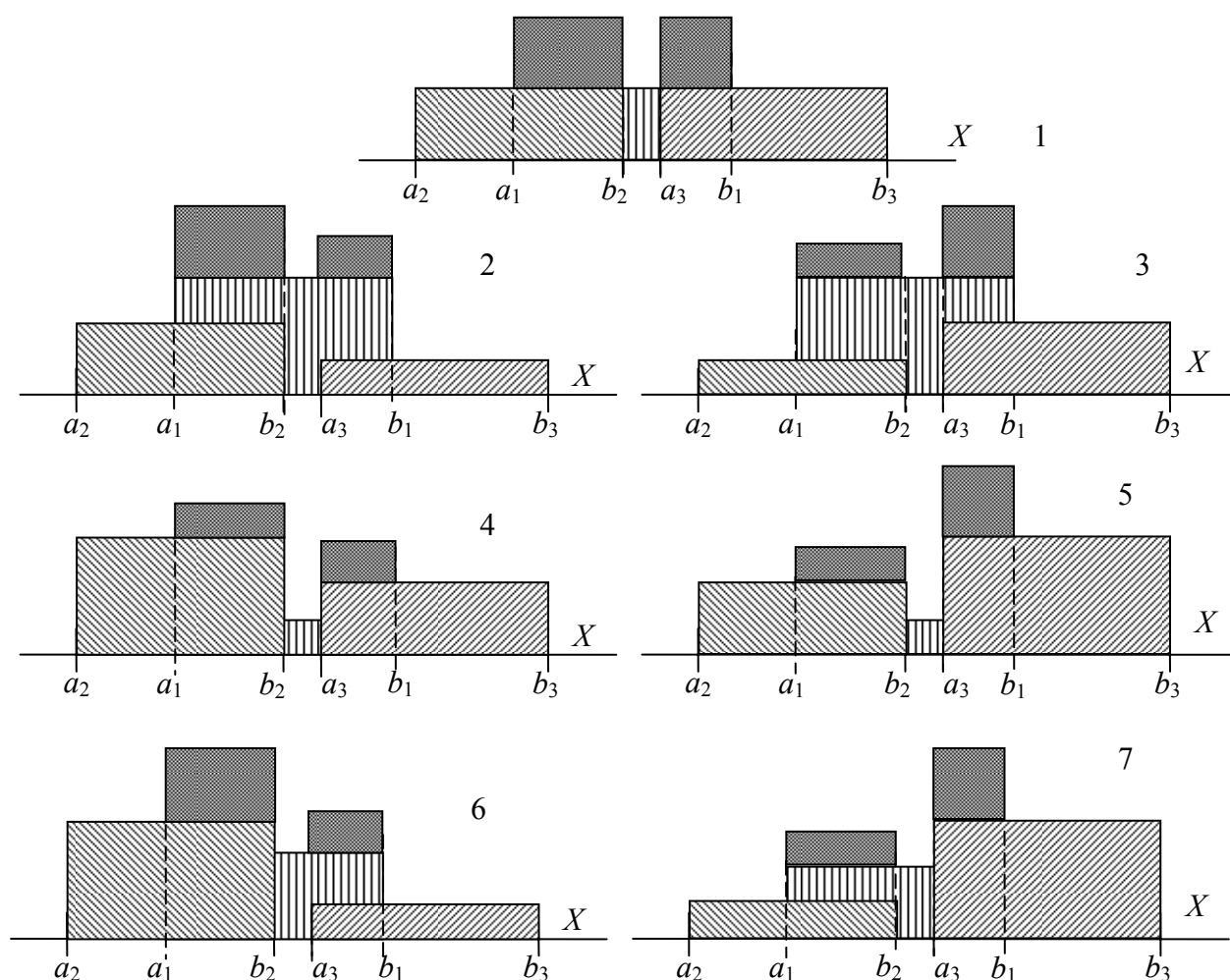


Рис. Иллюстрация возможного относительного смещения групповой экспертной оценки при учёте коэффициентов компетентности трёх экспертов:

- 1** – $c_1 = c_2 = c_3 = 0,33$; **2** – $c_1 = 0,55$; $c_2 = 0,3$; $c_3 = 0,15$; **3** – $c_1 = 0,55$; $c_2 = 0,15$; $c_3 = 0,3$;
- 4** – $c_1 = 0,15$; $c_2 = 0,55$; $c_3 = 0,3$; **5** – $c_1 = 0,15$; $c_2 = 0,3$; $c_3 = 0,55$;
- 6** – $c_1 = 0,3$; $c_2 = 0,55$; $c_3 = 0,15$; **7** – $c_1 = 0,3$; $c_2 = 0,15$; $c_3 = 0,55$

В связи с объективными трудностями оценки персональной компетентности экспертов значение их может отражать пропорциональность высоты участков построенной гистограммы и соответствующей степени уверенности эксперта в своем высказывании. Анализ данных, приведенных на рисунке, показывает, что с учетом разных значений весовых коэффициентов компетентности c_i членов экспертной группы, состоящей из трех экспертов, даже при условии сохранения интервала индивидуальных оценок $[a, b]_i$ заметны смещение максимумов, соответствующих пересечению индивидуальных оценок, ширины соответствующих интервалов, и изменение степени доверия к результатам экспертизы.

Предварительная (графическая) процедура оценки искомого показателя позволяет оценить числовые характеристики $M[x_i]$ и $D[x_i]$ или y_{x_i} в соответствии с одним из распределений (1). Групповая экспертная оценка искомого показателя определяется нахождением средневзвешенного значения по информации всех экспертов по (2).

Обработка индивидуальных оценок экспертов по каждому из анализируемых параметров, представляемых с указанием возможных пределов их изменения или наиболее вероятных значений, может проводиться и несколько по-иному. В этом случае рассматриваемые величины явятся элементами матриц непосредственно экспертной оценки. Результат представляет коллективную экспертную оценку каждого параметра, включающую математическое ожидание, дисперсию и степень согласованности мнений.

Обработка информации о качественных параметрах работы исследуемого объекта осуществляется путем ранжирования их экспертами при помощи некоторой порядковой меры от наименее к наиболее предпочтительному (или наоборот). Такое ранжирование может производиться двумя способами: а) путем балльного шкалирования; б) парным сравнением [7].

При балльном шкалировании каждый эксперт проставляет оценку в баллах для каждого параметра против предварительно предложенной ему шкалы чисел натурального ряда. При парном сравнении эксперт указывает в каждой клетке матрицы смежности анализируемых параметров номер наиболее ценного. Далее фиксируется количество случаев, в которых каждый параметр предпочитался другому.

Если эксперт чувствует относительно большую разницу между отдельными параметрами, то ранжирование обычно не вызывает затруднений. В случае неразличимости им присваивается одинаковый ранг. При некотором предпочтении типа «лучше – хуже» для ранжирования используется аппарат теории нечетких множеств [8].

Первый способ отнимает у эксперта меньше времени, а второй является более трудоемким. Однако второй способ дает более объективную картину, хотя он предназначен для высококвалифицированных экспертов, имеющих достаточный опыт экспертной работы.

Результирующее значение суммарного ранга является коллективной экспертной оценкой, которая определяется по сумме всех рангов или их средним значением.

Отметим, что полученные коллективные экспертные оценки могут уточняться на основе методики, изложенной в [9].

В зависимости от постановки решаемой задачи, характера и технологических особенностей анализируемого производства могут вводиться весовые коэффициенты значимости отдельных факторов или их групп, что обеспечивает, например, приоритет экономической или технологической оценки последствий нарушений электроснабжения и (или) управления режимами электропотребления. Так, на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности большой приоритет имеют факторы, определяющиеся особенностями технологического процесса, а в машиностроении и в сельскохозяйственном производстве – экономические последствия.

Выводы

Применение экспертных методов оценивания ряда показателей, необходимых для расчёта технико-экономических последствий нарушений электроснабжения сельских потребителей и управления нагрузкой, позволяет получить их наиболее простым путём.

Формирование понятийных основ экспертного оценивания и её основных этапов позволит создать базу развития и совершенствования конкретных методов и процедур получения и анализа экспертной информации.

Разработаны методические рекомендации по применению эвристических методов получения информации для решения задач оценки последствий нарушений электроснабжения и управления электропотреблением сельскохозяйственных производств в

условиях недостатка и неопределённости первичной информации.

Библиографический список

1. Непомнящий В.А. Экономические потери от нарушений электроснабжения потребителей. – М.: Изд-кий дом МЭИ, 2010. – 188 с.
2. Папков Б.В. Надёжность электроснабжения: комплекс учебно-методических материалов / Нижегород. гос. техн. ун-т. – Н. Новгород, 2007. – 210 с.
3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
4. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. – М.: Мир, 1969. – 396 с.
5. Моррис У.Т. Наука об управлении: байесовский подход. – М.: Мир, 1971. – 304 с.
6. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
7. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
8. Папков Б.В., Куликов А.Л. Основы теории систем для электроэнергетиков / под ред. Н.И. Воропая. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. – 456 с.
9. Осокин В.Л., Папков Б.В. Уточнение исходной информации в задачах оценки надёжности систем электроснабжения // Актуальные проблемы электроэнергетики:

сб. / НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2016. – С. 154-160.

References

1. Nepomnyashchiy V.A. Ekonomicheskie poteri ot narusheniy elektrosnabzheniya potrebiteley. – M.: Izdatelskiy dom MEI, 2010. – 188 s.
2. Papkov B.V. Nadezhnost elektrosnabzheniya: kompleks uchebno-metodicheskikh materialov / Nizhegorod. gos. tekhn. un-t. – N. Novgorod, 2007. – 210 s.
3. Beshelev S.D., Gurvich F.G. Matematiko-statisticheskie metody ekspertnykh otsenok. – M.: Statistika, 1980. – 263 s.
4. Khan G., Shapiro S. Statisticheskie modeli v inzhenernykh zadachakh. – M.: Mir, 1969. – 396 s.
5. Morris U.T. Nauka ob upravlenii: bayesovskiy podkhod. – M.: Mir, 1971. – 304 s.
6. Mitropolskiy A.K. Tekhnika statisticheskikh vychisleniy. – M.: Nauka, 1971. – 576 s.
7. Litvak B.G. Ekspertnaya informatsiya: metody polucheniya i analiza. – M.: Radio i svyaz, 1982. – 184 s.
8. Papkov B.V., Kulikov A.L. Osnovy teorii sistem dlya elektroenergetikov / pod red. N.I. Voropaya. – N. Novgorod: Izd-vo VVAGS, 2011. – 456 s.
9. Osokin V.L., Papkov B.V. Utochnenie iskhodnoy informatsii v zadachakh otsenki nadezhnosti sistem elektrosnabzheniya // Sb. «Aktualnye problemy elektroenergetiki». – N. Novgorod, 2016. – S. 154-160.

