УДК 621:311

**ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОБЪЕКТОВ АПК**

**Никольский О.К., Шлионская Ю.Д.**

*Российская Федерация, г. Барнаул, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

*Приведено описание экспертной системы, представляющей собой аппаратурно-программный комплекс, аккумулирующий знания высококвалифицированных специалистов в области техногенной безопасности электроустановок в реальном масштабе времени.*

*Ключевые слова: экспертная система, электроустановка, техногенные риски.*

Эффективное управление техногенными угрозами представляет собой сложную социально-экономическую проблему, связанную с поиском новых нетрадиционных подходов к решению задачи оптимизации рисков, предполагая при этом предотвращение возникновения как самих опасных ситуаций, так и минимизацию их последствий (снижение моральных потерь, связанных с гибелью людей, а также материальных и экологических ущербов). Все это обусловливает важность интеллектуальных технологий, обеспечивающих поддержку принятия обоснованных решений в условиях стохастической неопределенности [1]. Последнее предполагает, что рассматриваемая предметная область относится к классу так называемых слабоструктурируемых проблем (или систем), содержащих неполную, неясную и неточную информацию.

В слабоструктурируемой системе «Человек-Электроустановка-Среда» процессы накопления данных и формирования знаний могут опираться на опыт и интуицию высококвалифицированных специалистов — экспертов. Поэтому при разработке базы данных интеллектуальных моделей важную роль должны играть качественные и нечетко-логические методы анализа системы «Ч-Э-С». Это обусловлено тем, что данная система не может быть точно описана количественными методами; здесь превалирует содержательное описание, позволяющее наиболее естественным образом моделировать рассуждения экспертов. Добавим к этому, что наличие так называемого множества «не факторов» [2] не позволяет применить традиционный математический аппарат для анализа ЧМС «Ч-Э-С». Использование же вероятностного подхода связано с необходимостью формирования представительной выборки данных с целью практического вычисления параметров статистических распределений. Поэтому можно полагать, что теория вероятностей является недостаточно адекватным инструментом для решения задач представления неопределенности данных и знаний, которым присущ только качественный анализ и их интерпретация с помощью естественного языка. В этой связи оценку и прогнозирование рисков опасности электроустановок объектов АПК в условиях неопределенности отнесем к классу неформализованных задач.

Подобными задачами занимаются специальные технологии — экспертные системы (ЭС), сущность которых состоит в реализации накопленного экспертом опыта, основанного на знаниях в такой форме, что ЭВМ может дать интеллектуальное решение относительно изучаемого нами объекта [3]. Учитывая, что ЭС моделирует действия эксперта, представляется целесообразным использование при построении ЭС формального механизма – нечеткой логики (fuzzy logic) или теории доверия (belieffunctions) [4].

На рисунке 1 изображена предлагаемая нами обобщенная структура экспертной системы для решения задач анализа и синтеза ЧМС «Ч-Э-С», которая характеризуется наследственной неопределенностью [5], возникающей вследствие неполных знаний предметной области и динамических процессов, протекающих в электроустановках, например, старение изоляции. Отметим, что стандартные ЭС могут иметь более сложную структуру, однако, представленные на рисунке блоки, являются базовыми; они составляют достаточную совокупность всех необходимых компонентов для ее функционирования.



***Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема экспертной системы анализа и синтеза ЧМС «Ч-Э-С»***

При построении ЭС диагностирования технического состояния электроустановок объекта необходимо учитывать выбор одной из двух альтернатив. Первая направлена на учет всех возможных факторов, влияющих на эффективность функционирования рассматриваемой ЧМС и ее систему. Такой подход – попытка «объять необъятное» приводит к составлению громоздкой и неприемлемой для фактического использования модели и интерпретации ее результатов. Вторая альтернатива связана с упрощением модели, что ведет к ее загрублению и необоснованному игнорированию факторов неопределенности, что, в конечном счете, приводит к возможным ошибкам управленческих решений. Обоснованным выбором может служить специальная модель, основанная на знаниях, позволяющая снять неопределенность и нечеткость при описании ЧМС «Ч-Э-С», перейдя от строгих математических конструкций к «мягким» вычислениям. Это утверждение основывается на аксиоме, что сложные (слабоструктурируемые) системы не позволяют давать точные содержательные утверждения, ибо «избыточность» и «реальность» - понятия взаимоисключающие.

Рассмотрим базовые функции экспертной системы и требования, которым она должна удовлетворять для оценки и прогнозирования техногенной опасности.

*Технология конструирования* ЭС включает следующие этапы: идентификацию (формулировка цели и задач, подлежащих решению; определение группы экспертов); концептуализацию (содержательный анализ предметной области, выбор методов решения задачи); формализацию (выбор программных средств и способов представления знаний, формализм основных понятий); выполнение (процесс приобретения знаний предполагает формирование базы знаний, осуществляемое экспертным путем, и их представление в виде, понятном для ЭС); тестирование (проверка компетенции ЭС на основе использования диалоговых и объяснительных средств).

*Построение системы нечеткого логического вывода* представляет процесс получения нечетких заключений о требуемом управлении ЧМС «Ч-Э-С». Реализация алгоритма нечеткого вывода предполагает определенную последовательность шагов (рисунок 2).



***Рисунок 2 – Архитектура экспертно-программного комплекса (система нечеткого вывода)***

*1 – Входные переменные (данные о состоянии объекта управления – ЧМС, данные о внешнем воздействии; 2 – формирование базы правил; 3 – фаззификация входных переменных; 4 – агрегирование; 5 – активизация; 6 – аккумулирование; 7 – дефаззификация выходных переменных; 8 – управляющие переменные (воздействие на управляющие механизмы).*

В архитектуре комплекса содержатся три основных блока, объединенных между собой логическими связями, отражающими реальное взаимодействие компонентов внутри моделируемой системы «Ч-Э-С». Экспертный блок содержит структуру данных, упорядоченных и классифицированных в соответствии с моделью. Являясь информационным ядром программы, блок содержит базу данных и базу знаний, представляющую собой структурированные и интерпретированные сведения, факты и правила, изложенные в системе нечеткой логики.

Блок управления выполняет функцию обработки управляющих сигналов от операционной системы и хранит в себе механизм взаимодействия между различными активными элементами самой программы.

Блок визуального представления, содержащий набор меню программы, диалоговые окна, инструменты ввода и т.д., обеспечивает графическую интерактивную часть программы и непосредственно осуществляет взаимодействие с пользователем.

Исходными данными для построения экспертной системы являются совокупность рискообразующих факторов компонентов ЧМС «Ч-Э-С», которые наиболее существенно влияют на создание техногенных опасностей. Идентификация выбранных РОФ служит исходной информацией для построения иерархической базы знаний и деревьев риска возникновения аварии и электротравмы в сочетании с применением логико-лингвистических правил типа «Если - То» [6].

Результаты разработки экспертной системы были использованы для решения задач прогнозирования и управления техногенных рисков опасности электроустановок на птицефабрике Алтайского края (ООО «Компания Чикен-Дак»). Полученное значение риска оценивается как высокое R=1,44·10-3, выходящее за интервал допустимых значений
[10-5÷10-3]. Несоответствие нормативным требованиям безопасности объекта подтверждается также анализом построенного дерева риска электроустановок (R=10-3).

Разработанная экспертная система может найти применение для решения задач идентификации, диагностирования и прогнозирования техногенных рисков с целью принятия управленческих решений.

Список литературы

1. Александров Е.А. Основы теории эвристических решений. Подход к изучению естественного и построению искусственного интеллекта. М.: Радио и связь, 1975.

2. Беллман, Р. Принятие решений в расплывчатых условиях [Текст] / Р. Беллман, Л. Заде. - Москва: Мир, 1976. - 43 с.

3. Суворов, В. С. Экспертное оценивание технических систем [Текст]: учебн. пособие / В. С. Суворов. - Москва, 2007. - 113 с.

4. Заде JI. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. - 167 с.

5. Kachesova L.Yu and Nikol’skii O.K. An Expert System for Assessing Technogenic Risks of Electrical Installations Using Temporal Logic// Russian Electrical Engineering. - Vol. 89, No. 12, pp. 681–684.

6. Никольский, О. К. Методология управления техногенными рисками опасности электроустановок на объектах АПК [Текст] / О. К. Никольский, Н. П. Воробьев, Л. В. Куликова, Е. О. Мартко, Д. А. Боярков // Достижения науки и техники АПК. - Москва, 2017. Т.31. -№ 3. - С. 58-64.

**Никольский Олег Константинович** – профессор кафедры электрификации производства и быта Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, доктор технических наук, профессор, лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники, образования. 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 35, кв. 30. Nik37Oleg@mail.ru. Тел. 8-905-986-89-49.

**Шлионская Юлия Давидовна** – магистр Алтайского государственного технического университета, младший научный сотрудник. 656011, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 137, кв. 12. jlash1996@gmail.com. Тел. 8-905-083-05-63.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSTIC OF TECHNICAL CONDITION OF ELECTRICAL INSTALLATION OF OBJECTS OF AIC**

**Nikolsky O. K., Shlionskaya Y. D.**

*Russian Federation, Barnaul, Polzunov Altai State Technical University*

*A description of the expert system, which is a hardware-software complex that accumulates the knowledge of highly qualified specialists in the field of industrial safety of electrical installations in real time, is given.*

*Keywords: expert system, electrical installation, technological risks.*

Bibliography

1. Alexandrov E.A. Fundamentals of the theory of heuristic solutions. An approach to the study of natural and the construction of artificial intelligence. M.: Radio and communications, 1975.

2. Bellman, R. Decision making in vague conditions [Text] / R. Bellman, L. Zade. - Moscow: Mir, 1976. - 43 p.

3. Suvorov, V. S. Expert Evaluation of Technical Systems [Text]: study guide / V.S. Suvorov. - Moscow, 2007. - 113 p.

4. Zadeh L. The Concept of a Linguistic Variable and the Appliance to the Adoption of Approximate Decisions [Text] / L. Zadeh. Moscow: Mir, 1976. – 167 p.

5. Kachesova L.Y., Nikol’skii O.K. An Expert System for Assessing Technogenic Risks of Electrical Installations Using Temporal Logic// Russian Electrical Engineering. - Vol. 89, No. 12, pp. 681–684.

6. Nikolsky, O. K. Methodology for managing the technological risks of electrical installation hazards at agricultural facilities [Text] / O. K. Nikolsky, N. P. Vorobyov, L. V. Kulikova, E. O. Martko, D. A. Boyarkov // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - Moscow, 2017.T.31. -No 3. - pp. 58-64.

**Nikolsky Oleg Konstantinovich** – Professor of the Department «Electrification of production and life» of Polzunov Altai State Technical University, Doctor of Technical Sciences, Professor, Laureate of Prizes of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology, education. 656049, Barnaul, Lenin Avenue, 35 - 30. Nik37Oleg@mail.ru. Tel. 8-905-986-89-49.

**Shlionskaya Yulia Davidovna** – Master of Polzunov Altai State Technical University, Junior Researcher. 656011, Barnaul, Lenin Avenue, 137 - 12. jlash1996@gmail.com. Tel. 8-905-083-05-63.