

- аграр. ун-т. – № 2012116190/05; заявл. 20.04.2012; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 28. – 5 с.
7. Пат. на изобретение № 166452 RU. МПК В07В 1/26, В07В 1/42. Виброцентробежная машина / *Самойлов В.А., Невзоров В.Н., Ярум А.И., Кох Д.А., Салыхов Д.В.* – Оpubл. 27.11.2016.
  8. Пат. РФ № 2465072, МПК В 06 В1/18. Гидродинамический диспергатор / *Самойлов В.А., Ярум А.И.*; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Заявл. 16.05.2011; опубл. 27.10.2012.
  9. *Самойлов В.А., Ярум А.И., Невзоров В.Н.* и др. Новое оборудование для переработки зерновых культур в пищевые продукты / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 197 с.
- Literatura**
1. *Butkovskij V.A., Merko A.I., Mel'nikov E.M.* Tehnologii zernopererabatyvajushhih. – М.: Inter-gaf servis, 1999. – 472 s.
  2. *Egorov G.A., Mel'nikov E.M., Maksimchuk B.M.* Tehnologija muki, krupy i kombikormov. – М.: Kolos, 1984. – 376 s.
  3. *Koh Zh.A., Koh D.A.* Poluchenie soloda iz jachmenja, proizrastajushhego na territorii Krasnojarskogo kraja // Polzunovskij vestnik. – 2016. – № 4, Т. 2. – S. 12–17.
  4. Pat. 2446885 Rossijskaja Federacija, МПК v02v 3/08 (2006.01). Ustrojstvo dlja shelushenija zerna / *Nevezorov V.N., Holopov V.N., Jarum A.I., Klimenko V.S., Samojlov V.A.*; zajavitel' i patentoobladatel' Krasnojars. gos. agrar. un-t. – № 201013812/13; zajavl. 15.09.2010; opubl.10.04.2012, Bjul. № 10. – 5 s.
  5. Pat. 2511754 Rossijskaja Federacija, МПК V02V3/08 (2006.01). Mashina dlja shelushenija zerna / *Samojlov V.A., Jarum A.I., Nevezorov V.N.*; zajavitel' i patentoobladatel' Krasnojars. gos. agrar. un-t. – № 2012146811/13; zajavl. 01.11.2012; opubl.10.04.2014, Bjul. № 10. – 6 s.
  6. Pat. 2495402 Rossijskaja Federacija, МПК G01N15/02 (2006.01), B07B1/28 (2006.01). Sitovyj analizator / *Samojlov V.A., Jarum A.I.*; zajavitel' i patentoobladatel' Krasnojars. gos. agrar. un-t. – № 2012116190/05; zajavl. 20.04.2012; opubl. 10.10.2013, Bjul. № 28. – 5 s.
  7. Pat. na izobretenie № 166452 RU. МПК В07В 1/26, В07В 1/42. Vibrocentrobezhnaja mashina / *Samojlov V.A., Nevezorov V.N., Jarum A.I., Koh D.A., Salyhov D.V.* – 27.11.2016.
  8. Pat. RF № 2465072, МПК V 06 V1/18. Gidrodinamicheskij dispergator / *Samojlov V.A., Jarum A.I.*; zajavitel' i patentoobladatel' Krasnojars. gos. agrar. un-t. – Zajavl. 16.05.2011, opubl. 27.10.2012.
  9. *Samojlov V.A., Jarum A.I., Nevezorov V.N.* i dr. No-voe oborudovanie dlja pererabotki zernovyh kul'tur v pishhevye produkty / Krasnojars. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2017. – 197 s.

УДК 621.315

Л.Ю. Качесова

## ТЕМПОРАЛЬНО-НЕЧЕТКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

L.Yu. Kachesova

## TEMPORAL-FUZZY METHOD OF ASSESSING TECHNOGENIC RISKS OF ELECTRICAL FACILITIES

**Качесова Л.Ю.** – ст. преп. каф. информатики, вычислительной техники и информационной безопасности Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул. E-mail: kachesova\_l\_u@mail.ru

**Kachesova L.Yu.** – Senior Lecturer, Chair of Information, Computer Facilities and Information Security, I.I. Polzunov Altai State Technical University, Barnaul. E-mail: kachesova\_l\_u@mail.ru

Целью исследования является повышение эффективности оценки техногенных рисков электроустановок. Эффективность определяется предлагаемым методом оценки техногенных рисков электроустановок, который учитывает темпоральные причинно-следственные связи между рискообразующими факторами. Для учета темпоральных причинно-следственных связей между

рискообразующими факторами предлагается использовать унарные темпоральные операции «всегда в прошлом», «когда-либо в прошлом» и бинарную нечеткую операцию «приоритетное И». Для расчета техногенных рисков электроустановок по предлагаемому методу было разработано программное обеспечение на языке программирования C#. С использованием разработанного программного обес-

печения была проведена оценка риска техногенной опасности «авария электроустановки» на объекте АО «Сетевая компания Алтайкрайэнерго» в 2017 году. В результате исследования получили значение техногенного риска опасности «авария электроустановки» с учетом темпоральных причинно-следственных связей между рискообразующими факторами, равное 0,0014. Полученное число означает частоту рассматриваемого события в год. Это допустимый риск согласно нормативно-технической документации. Также была проведена оценка техногенного риска опасности «авария электроустановки» без учета темпоральных причинно-следственных связей между рискообразующими факторами, получен риск, равный 0,000 015 (приемлемый риск). Анализ электрохозяйства рассматриваемого производственного объекта, проведенный в 2017 году, подтвердил наличие аварий. Предлагаемый темпорально-нечеткий метод оценки техногенных рисков электроустановок дает более адекватный способ расчета рисков техногенных опасностей производственного объекта по сравнению с методами оценки техногенных рисков электроустановок, не учитывающими темпоральные зависимости между рискообразующими факторами.

**Ключевые слова:** электроустановка, техногенный риск, нечеткая логика, темпоральная логика.

*The research objective was the increase of efficiency of the assessment of technological risks of electrical facilities. The efficiency was defined by offered method of the assessment of technological hazards of electrical facilities which considered temporal relationships of cause and effect between risk forming factors. For the accounting of temporal relationships of cause and effect between risk forming factors it was offered to use unary temporal operations "always in the past", "ever in the past" and binary indistinct operation "priority I". The software in the C# programming language was developed for the calculation of technological hazards of electrical installations for the offered method. Using developed software the assessment of risk of technogenic danger "electrical installation accident" on the object of JSC 'Network company Altaykrajenergo' in 2017 was carried out. As a result of research the value of technogenic risk of danger "electrical installation accident" taking into account temporal relationships of cause and effect between risk forming factors, equal 0.0014 was received. Received number means the frequency of considered event in a year. It is admissible risk according to the specifications and technical documentation. Also the assessment of technogenic risk of danger "electrical installation accident" without temporal relationships of cause and effect between risk forming fac-*

*tors was carried out, the risk equal 0.000015 was received (the acceptable risk). The analysis of electrical facilities of considered production object which was carried out in 2017 confirmed the existence of accidents. Offered temporal and indistinct method gives estimates of technological hazards of electrical installations more adequate way of calculation of risks of technogenic dangers of production object in comparison with the methods of the assessment of technological risks of electrical installations which are not considering temporal dependences between risk forming factors.*

**Keywords:** electrical facilities, technogenic risk, fuzzy logic, temporal logic.

**Введение.** При эксплуатации электроустановок предприятий агропромышленного комплекса могут возникать аварии, пожары, электротравмы и другие опасные техногенные ситуации, наносящие ущерб как предприятию, так и здоровью работников. Задача оценки техногенных рисков электроустановок является актуальной, так как она является основой для разработки комплекса мер и рекомендаций по предотвращению опасных техногенных ситуаций. Причинами возникновения опасных техногенных ситуаций на электроустановках могут являться различные факторы. Выделяют три основных типа рискообразующих факторов: человеческий фактор, электроустановка и среда, – которые образуют систему «Человек-Электроустановка-Среда» [1].

Между рискообразующими факторами могут существовать темпоральные причинно-следственные связи, например в модели риска «авария электроустановки» между факторами «степень износа изоляционных частей электроустановки» и «уровень опасности возникновения аварийных режимов» может существовать темпоральная причинно-следственная связь, описываемая следующим высказыванием: «уровень опасности возникновения аварийных режимов текущего момента времени зависит от степени износа изоляционных частей, которая возникла за весь период эксплуатации электроустановки» [2].

Задача оценки техногенных рисков относится к задачам области принятия решений в условиях неопределенности. Модель риска техногенной опасности строится на основе информации, которая имеет нечеткий характер, для оценки рискообразующих факторов и риска используются как количественные, так и качественные лингвистические характеристики [3].

Для решения задач в условиях неопределенности используется аппарат нечетких множеств и нечеткой логики [4, 5]. В проанализированных работах по оценке техногенных рисков применительно к электроустановкам выявлены следующие недостатки:

- не учитывается, что термы лингвистических переменных рискообразующих факторов текущего момента времени могут определяться на основе термов прошлых моментов времени;

- не рассматриваются темпоральные зависимости между рискообразующими факторами.

**Цель исследования:** повышение эффективности оценки техногенных рисков электроустановок. Эффективность определяется предлагаемым методом оценки техногенных рисков электроустановок, который учитывает темпоральные причинно-следственные связи между рискообразующими факторами.

**Методы исследования.** Предлагаемый метод оценки техногенных рисков электроустановок позволяет вычислять риск техногенных опасностей посредством нечетко-темпорального логического вывода, который учитывает темпоральные причинно-следственные связи между рискообразующими факторами.

Базы знаний, на основе которых выполняется нечетко-темпоральный логический вывод, формируются экспертом с использованием нечетко-темпоральных лингвистических высказываний. Нечетко-темпоральные высказывания могут быть простыми и сложными. Простым нечетко-темпоральным высказыванием называется простое нечеткое высказывание, к которому применена какая-либо из унарных темпоральных операций прошлого времени: «когда-либо в прошлом», «всегда в прошлом». В сложном нечетко-темпоральном высказывании простые нечетко-темпоральные высказывания связаны бинарными нечеткими логическими операциями «И», «ИЛИ», «приоритетное И». Грамматика построения нечетко-темпоральных высказываний:

$$S \rightarrow Ty \wedge S \mid TyRTy \wedge S \mid y \wedge S \mid y$$

$$R \rightarrow \vee \mid \wedge \mid \wedge_{np}$$

$$T \rightarrow \blacklozenge \mid \blacksquare,$$

где  $y$  – простое нечеткое высказывание вида « $x$  есть  $v$ » (здесь  $x$  – наименование лингвистической переменной;  $v$  – ее значение (терм));  $T, R$  – нетерминалы грамматики;  $\wedge_{np}, \wedge, \vee$  – нечеткие операции, «приоритетное И», «И», «ИЛИ»;  $\blacklozenge, \blacksquare$  – темпоральные операции «когда-либо в прошлом», «всегда в прошлом».

Темпоральная операция «всегда в прошлом» определяет функцию принадлежности терма текущего момента времени лингвистической переменной рискообразующего фактора путем объединения функций принадлежности термов прошлых моментов времени:

$$\begin{aligned} \mu_{\blacksquare A_t}(x) &= \bigcup_{i=1}^{t-1} \mu_{A_i}(x) = \\ &= \max(\mu_{A_1}(x), \dots, \mu_{A_{t-1}}(x)), x \in U, \end{aligned}$$

где  $\mu_{\blacksquare A_t}(x)$  – функция принадлежности терма текущего момента времени лингвистической переменной рискообразующего фактора;  $\mu_{A_1}(x), \dots, \mu_{A_{t-1}}(x)$  – функции принадлежности термов прошлых моментов времени лингвистической переменной рискообразующего фактора;  $U = \{x \in R / 0 \leq x \leq 100\}$  – универсальное множество для термов лингвистических переменных рискообразующих факторов, которое определяет возможные значения рискообразующих факторов по условной 100-балльной шкале.

Эксперт выбирает операцию «всегда в прошлом» для формирования функции принадлежности терма текущего времени, когда необходимо в настоящем времени учитывать влияние на риск нечетких значений, которые имел рискообразующий фактор на всем временном интервале в прошлом.

Когда необходимо в настоящем времени учитывать влияние на риск максимальных нечетких значений рискообразующих факторов, которые они имели в прошлые моменты времени, то для формирования функции принадлежности терма настоящего времени эксперт выбирает операцию «когда-либо в прошлом», которая определяется следующими формулами:

$$\begin{aligned} \mu_{\blacklozenge A_t}(x) &= \mu_{A_k}(x) : H(A_k) = \\ &= \max(H(A_1), \dots, H(A_{t-1})), x \in U, \end{aligned}$$

где  $\mu_{\blacklozenge A_t}(x)$  – функция принадлежности терма текущего момента времени лингвистической переменной рискообразующего фактора;  $H(A_1), \dots, H(A_{t-1})$  – значения оценочных функций, используемых для сравнения нечетких множеств термов. Значения оценочных функций  $H(A_1), \dots, H(A_{t-1})$  вычисляются по формуле

$$H(A_j) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu_{A_j}(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_{A_j}(x_i)}, j = 1 \dots t-1, x_i \in U,$$

где  $\mu_{A_j}(x_i)$  – функция принадлежности нечеткого множества  $A_j$   $j$ -го терма прошлых моментов времени;  $n$  – количество элементов в  $U$ .

Операция «приоритетное И» позволяет учитывать причинно-следственные связи между рискообразующими факторами. Если терм левого операнда операции «приоритетное И» формируется с исполь-

зованием темпоральной операции «всегда в прошлом» или «когда-либо в прошлом», то тогда операция «приоритетное И» реализует темпоральную причинно-следственную связь между рискообразующими факторами. Для реализации операции «приоритетное И» ( $\wedge_{np}$ ) предлагается следующая формула:

$$\mu_{A_1 \wedge_{np} A_2}(x) = \min(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}^*(x)), x \in U,$$

где

$$\mu_{A_2}^*(x) = \begin{cases} (\mu_{A_2}(x))^2, & \text{если } \mu_{A_1}(x^*) < 0,5 \\ (\mu_{A_2}(x))^{0,5}, & \text{если } \mu_{A_1}(x^*) \geq 0,5 \end{cases},$$

где  $\mu_{A_1}(x)$ ,  $\mu_{A_2}(x)$  – функции принадлежности нечетких множеств  $A_1$  и  $A_2$  термов лингвистических переменных рискообразующих факторов;  $x$  – входное четкое значение рискообразующего фактора,  $x^* \in U$ .

Операция «приоритетное И» в зависимости от значения функции принадлежности первого операнда изменяет функцию принадлежности второго операнда (происходит ее концентрирование или растяжение для усиления или ослабления влияния рискообразующего фактора второго операнда на техногенный риск).

Продукционные правила баз знаний, формируемые с использованием нечетко-темпоральных высказываний, имеют следующий вид:

$$P_i: \text{Если } [\gamma](x_1 \text{ есть } A_{i1}) \ \psi \dots \psi \ [\gamma](x_n \text{ есть } A_{in}), \\ \text{ТОР есть } B_i,$$

где  $A_{ik}$  – термы лингвистических переменных  $x_k$  рискообразующих факторов;  $\gamma$  – любая из унарных темпоральных операций «когда-либо в прошлом» или «всегда в прошлом»;  $\psi$  – любая из нечетких бинарных логических операций «И», «ИЛИ», «приоритетное И»;  $B_i$  – термы лингвистической переменной техногенного риска R.

Реализация операции «И» выполняется как минимальное значение, а операции «ИЛИ» – как максимальное значение степеней истинности нечетких или нечетко-темпоральных высказываний.

Для вычисления рисков техногенных опасностей предлагается следующий алгоритм нечетко-темпорального логического вывода:

1. Задаем четкие значения для всех входных лингвистических переменных рискообразующих факторов.

2. Выбираем правило из базы знаний. Если в текущем правиле есть унарные темпоральные операции «когда-либо в прошлом» или «всегда в прошлом», то п. 3, иначе – п. 4.

3. Для лингвистических переменных, к которым применены унарные темпоральные операции, формируются функции принадлежности термов текущего времени.

4. В функции принадлежности термов всех лингвистических переменных рискообразующих факторов, участвующих в текущем правиле, подставляем заданные четкие значения для вычисления степени истинности простых нечетких или нечетко-темпоральных высказываний.

5. Вычисляем степень истинности условной части текущего продукционного правила с использованием бинарных нечетких логических операций «И», «ИЛИ», «приоритетное И».

6. Если еще есть правила, то п. 2, иначе – п. 7.

7. Определяем функцию принадлежности для заключения продукционного правила с использованием метода нечеткой композиции, реализованной через min-активацию.

8. Если есть еще правила в базе знаний, то п. 7, иначе – п. 9.

9. Выполняем max-объединение функций принадлежности заключений правил, полученных на предыдущем шаге.

10. Для получения четкого числового значения техногенного риска производим дефазсификацию полученной итоговой функции принадлежности по методу центра тяжести.

Так как рискообразующих факторов, участвующих в оценке техногенного риска опасности, может быть большое количество, предлагается отдельно вычислять техногенные риски от рискообразующих факторов каждого типа (человеческого фактора, электроустановки, среды). После чего рассчитывается итоговый риск.

#### Результаты исследования и их обсуждение.

Для расчета техногенных рисков электроустановок по темпорально-нечеткому методу было разработано программное обеспечение на языке программирования C#. С использованием разработанного программного обеспечения была проведена оценка риска техногенной опасности «авария электроустановки» на объекте АО «Сетевая компания Алтайкрайэнерго» в 2017 году.

Нечетко-темпоральная модель для оценки техногенной опасности «авария электроустановки» строится на базе правил, которые формируются группой экспертов, компетентных в области электробезопасности.

Для оценки риска техногенной опасности «авария электроустановки» использовались следующие

наборы рискообразующих факторов. Набор X (рискообразующие факторы от компонента «Человек»): X1 – неправильные действия, X2 – контроль за технологическим процессом, X4 – уровень профессионализма, X6 – безопасность действий в нестандартных ситуациях, X7 – ошибки в оперативных решениях. Между рискообразующими факторами X4 и X7, X7 и X6 имеются темпоральные причинно-следственные связи.

Набор Y (рискообразующие факторы от компонента «Электроустановка»): Y1 – уровень опасности возникновения аварийных режимов, Y2 – степень износа изоляционных частей электроустановки, Y3 – срок эксплуатации электрооборудования, Y4 – степень износа токоведущих частей электроустановки, Y6 – отказ (отсутствие) средств электрозащиты, Y7 – возможность возникновения опасной техногенной ситуации. Между рискообразующими факторами Y3 и Y2, Y3 и Y4, Y2 и Y1, Y4 и Y1 имеются темпоральные причинно-следственные связи. Набор Z (рискообразующие факторы от компонента «Среда»): Z1 – уровень деструктивных воздействий параметров микроклимата, Z2 – качество текущего ремонта технологического оборудования, Z3 – диагностика технического состояния электрооборудования, Z4 – частота возникновения опасных факторов, превышающих критическое значение. Между рискообразующими факторами Z2 и Z4 имеются темпоральные причинно-следственные связи.

Терм-множества рискообразующих факторов состоят из трех термов: для X1, X2, X7, Y6, Z4 – это термы «Часто», «Периодически», «Редко»; для X4, X6, Y2, Y4, Y1, Y7, Z1, Z2 – это термы «Низкий», «Средний», «Высокий»; для Y3 – это термы «Большой», «Средний», «Малый»; для Z3 – это термы «Эпизодическая», «Удовлетворительная», «Неудовлетворительная». Терм-множество техногенного риска включает пять термов: «Очень малый», «Малый», «Средний», «Высокий», «Очень высокий».

Функции принадлежности термов формируются на основе стандартных функций принадлежности: треугольной, трапециевидной, гауссовой.

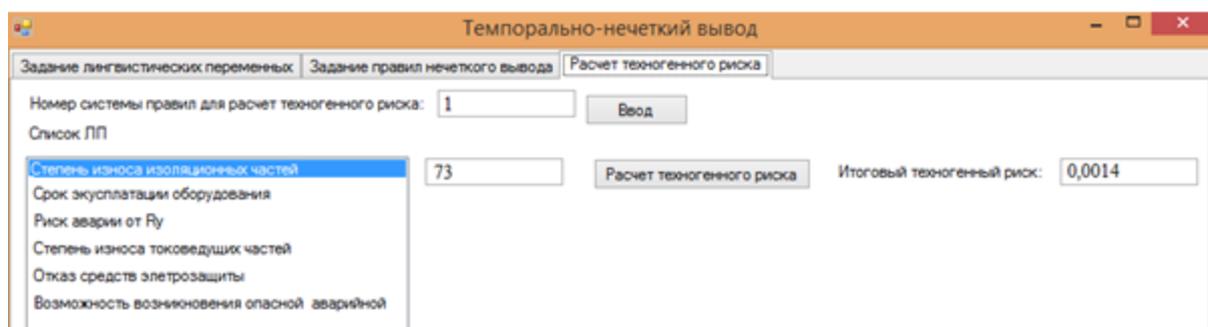
Пример правила из базы знаний для вычисления риска техногенной опасности «авария электроустановки» от группы рискообразующих факторов компонента «Человек»:

Если «Неправильные действия» = «Часто» И «Контроль за технологическим процессом» = «Периодический» И «Всегда в прошлом» «Уровень профессионализма» = «Средний» ПРИОРИТЕТНОЕ И «Когда-либо в прошлом» «Ошибки в оперативных решениях» = «Периодически» ПРИОРИТЕТНОЕ И «Безопасность действий в нестандартных ситуациях» = «Высокая» ТО «Риск аварии электроустановки» = «Очень Высокий».

Аналогично экспертами составляются правила для вычисления риска техногенной опасности «авария электроустановки» от группы рискообразующих факторов компонентов «Электроустановка» и «Среда», а также правила для вычисления итогового риска.

Программное обеспечение состоит из двух модулей: модуль формирования баз знаний и модуль вычисления техногенных рисков опасности электроустановок. В модуле формирования баз знаний создаются лингвистические переменные рискообразующих факторов и техногенных рисков, определяются термы лингвистических переменных и функции принадлежности термов, а также формируются продукционные правила для нечетко-темпорального вывода.

Модуль расчета техногенных рисков опасности электроустановок реализует ранее описанный алгоритм нечетко-темпорального логического вывода для получения числового значения техногенного риска. На рисунке показан результат вычисления риска техногенной опасности «авария электроустановки».



Вычисление риска опасности «авария электроустановки»

В результате исследования получили значение техногенного риска опасности «авария электроу-

становки» с учетом темпоральных причинно-следственных связей между рискообразующими

факторами, равное 0,0014. Полученное число означает частоту рассматриваемого события в год. Это допустимый риск согласно нормативно-технической документации. Также была проведена оценка техногенного риска опасности «авария электроустановки» без учета темпоральных причинно-следственных связей между рискообразующими факторами, получен риск, равный 0,000 015 (приемлемый риск). Анализ электрохозяйства рассматриваемого производственного объекта, проведенный в 2017 г., подтвердил наличие аварий.

**Выводы.** Результаты исследований на основе разработанного программного обеспечения показали, что предлагаемый нечетко-темпоральный метод оценки техногенных рисков электроустановок дает более адекватную оценку техногенной опасности производственного объекта по сравнению с методами оценки техногенных рисков электроустановок, не учитывающими темпоральные зависимости между рискообразующими факторами.

### Литература

1. *Никольский О.К.* Теория и практика управления техногенными рисками. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. – 219 с.
2. *Качесова Л.Ю., Тушев А.Н.* О возможности использования темпоральной логики в интеллектуальной системе поддержки принятия решений по управлению техногенными рисками опасности электроустановок // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 151–153.
3. *Черкасова Н.И., Костюков А.Ф., Никольский О.К.* Проблема неопределенности при анализе рисков электроустановок // Ползуновский вестник. – 2014. – Т. 1, № 4. – С.140–146.
4. *Никольский О.К., Воробьев Н.П.* Технология управления рисками опасности электроустановок на предприятиях АПК // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: мат-лы XII Междунар. науч.-практ. интернет-конф. / под ред. *О.В. Пулипенко, А.Н. Качанова, Ю.С. Степанова*; Госуниверситет-УНПК. – Орёл, 2016. – С. 191–199.
5. *Еремينا Т.В., Калинин А.Ф.* Методология оценки интегрального риска опасности электроустановок объектов агропромышленного комплекса // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 103–108.

### Literatura

1. *Nikol'skij O.K.* Teorija i praktika upravljenja tehnogennymi riskami. – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2015. – 219 s.
2. *Kachesova L.Ju., Tushev A.N.* O vozmozhnosti ispol'zovanija temporal'noj logiki v intellektual'noj sisteme podderzhki prinjatija reshenij po upravleniju tehnogennymi riskami opasnosti jelektroustanovok // Polzu-novskij al'manah. – 2016. – № 2. – S. 151–153.
3. *Cherkasova N.I., Kostjukov A.F., Nikol'skij O.K.* Problema neopredelennosti pri analize riskov jelektroustanovok // Polzunovskij vestnik. – 2014. – T. 1, № 4. – S.140–146.
4. *Nikol'skij O.K., Vorob'ev N.P.* Tehnologija upravljenja riskami opasnosti jelektroustanovok na predpriyatijah APK // Jenergo- i resursosberezhenie – XXI vek: mat-ly XII Mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konf. / pod red. *O.V. Pilipenko, A.N. Kachanova, Ju.S. Stepanova*; Gosuniversitet-UNPK. – Orjol, 2016. – S. 191–199.
5. *Eremina T.V., Kalinin A.F.* Metodologija ocenki integral'nogo riska opasnosti jelektroustanovok ob'ektov agropromyshlennogo kompleksa // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 6. – S. 103–108.

