

Vladikavkaz, 2020. – 23 s. – Tekst: neposredstvennyj.

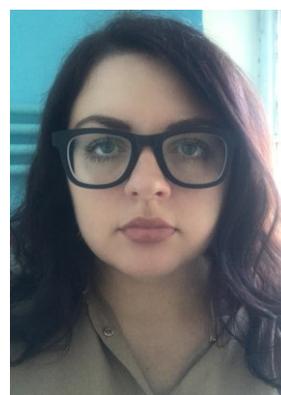
8. Roper, T. R. Orchard-floor management for fruit trees [Elektronnyj resurs] / Cooperative Extension Publications, University of Wisconsin-Extension. – Madison, 2005. Rezhim dostupa: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0145/8808/4272/files/A3562.pdf>.

5. Ozherel'ev, V. N. Razrabotka frezy dlya yagodnikov / V. N. Ozherel'ev. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bryansk, 2019. – № 2 (72). – S. 64-71.

6. Ozherel'ev, V. N. Opyt razrabotki i prakticheskogo ispol'zovaniya frezernogo kull'tivatora dlya

plantacii maliny / V. N. Ozherel'ev, M. V. Ozherel'eva. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik NGIEI. – Knyaginino, 2018. – № 11 (90). – S. 112-123.

7. Razzamazov, N. I. Raspoznavanie ob'ektov pri pristvol'noj obrabotke pochvy v plodopitomnikah / N. I. Razzamazov, S. F. Sorochenko. – Tekst: elektronnyj // Nauka i molodezh': materialy XVII Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh (g. Barnaul, 1-5 iyunya 2020 g.): v 8 chastyah / AltGTU im. I. I. Polzunova. – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2020. – Ch. 4. – S. 44-46. – Elektronnye tekstovye dan. (1 fajl: 2,6 MB). – URL: https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/48/.



УДК 621.31

О.К. Никольский, М.А. Габова
O.K. Nikolsky, M.A. Gabova

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ONTOLOGICAL ANALYSIS OF THE TECHNOGENIC RISKS OF ELECTRICAL INSTALLATIONS

Ключевые слова: техногенный риск, электроустановка, человеко-машинная система онтология, диагностика, математическое моделирование.

Онтология техногенной безопасности электроустановок рассматривается как специфическая база знаний, в основе которой лежат определение и использование взаимосвязанной совокупности таких компонент, как таксономия терминов, их смысловое определение и установление соотношений между собой. Разработка онтологии в рассматриваемой нами предметной области (ПрО) позволила структурировать знания на основе их систематизации, создания единой системы понятий, включая унификацию терминов и правила их интерпретации. Снижение риска аварий электроустановок, электротравматизма и пожаров требует накопления значи-

тельных объемов информации, для обработки которых необходимо формирование терминологии, а для проведения расчетов применение современных информационных систем. Целью работы является формирование онтологической базы, и на ее основе разработка информационных систем по поддержке принятия решения, включающего понятийно-термино-логический аппарат и концептуализацию знаний, математические модели, экспертные и расчетные процедуры, реализуемые средствами вычислительной техники. Процедура разработки онтологии включает спецификацию, концептуализацию, формализацию и реализацию. Результаты работы по данным 3 этапам приведены в статье. Методология управления представляет собой процедуру, учитывающую вероятность возникновения риска и его последствий для получения количественной оценки

опасности электроустановки. В основе оценки риска лежит численный расчет его значений по разработанной программе. Приведена концептуальная модель системы управления, осуществляющей расчеты рисков, с учетом всех необходимых алгоритмов обработки информации. На основе проведенных исследований разработан и реализован алгоритм, позволяющий автоматизировать расчеты и выявить закономерности изменения состояния объекта и поддержки принятия решений для предотвращения возникновения опасностей и снижения моральных потерь и материального ущерба.

Keywords: *technogenic risk, electrical installation, man-machine system ontology, diagnostics, mathematical modeling.*

In the article, the ontology of technogenic safety of electrical installations is considered as a specific knowledge base, which is based on the definition and use of an interconnected set of such components as the taxonomy of terms, their semantic definition and the establishment of their relationships. The development of an ontology in the subject area under consideration has allowed us to structure knowledge based on its systematization, the creation of a unified system of concepts, including the unification of terms and the rules of their interpretation. Reducing

the risk of accidents of electrical installations, electrical injuries and fires requires the accumulation of significant amounts of information, the processing of which requires the formation of terminology, and the use of modern information systems for calculations. The aim of the research was to form an ontological base, and on its basis to develop information systems to support decision-making, including the conceptual and terminological apparatus and conceptualization of knowledge, mathematical models, and expert and computational procedures implemented by computer technology. The ontology development procedure includes specification, conceptualization, formalization, and implementation. The results of the work on these three stages are given in the article. The management methodology is a procedure that takes into account the probability of risk and its consequences in order to obtain a quantitative assessment of the danger of an electrical installation. The risk assessment is based on the numerical calculation of its values according to the developed program. A conceptual model of a management system that performs risk calculations taking into account all the necessary information processing algorithms is presented. Based on the conducted research, an algorithm was developed and implemented that allows automating calculations and identifying patterns of changes in the state of the object and supporting decision-making to prevent the occurrence of hazards and reduce moral losses and material damage.

Никольский Олег Константинович, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: gabova_ma@mail.ru.

Габова Мария Андреевна, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: gabova_ma@mail.ru.

Nikolsky Oleg Konstantinovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: gabova_ma@mail.ru.

Gabova Maria Andreevna, Asst. Prof., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: gabova_ma@mail.ru.

Онтологию техногенной безопасности электроустановок будем рассматривать как некую специфическую базу знаний, в основе которой лежат определение и использование взаимосвязанной совокупности следующих компонент: таксономии терминов, их смыслового определения и установления соотношений между собой. Разработка онтологии в рассматриваемой нами предметной области (ПрО) позволяет структурировать знания на основе их систематизации, создания единой системы понятий, включая унификацию терминов и правила их интерпретации.

Степень развития научных исследований в области техногенных рисков характеризуется состоянием понятийно-терминологического аппарата, поэтому семантический смысловой анализ является необходимым условием формирования математических моделей.

Постановка проблемы и задач техногенной безопасности, включая методы управления и оптимизации рисков электроустановок в слабоструктурированных человеко-машинных системах «Человек – Электроустановка – Среда» «Ч-Э-С», достаточно подробно изложена российскими и зарубежными исследователями [1-4].

Снижение риска аварий электроустановок, электротравматизма и пожаров требует накопления значительных объемов информации, для обработки которых очевидно применение современных информационных систем. Одними из самых перспективных направления развития информационных технологий в настоящее время являются «Большие данные» (англ. Big Data). Под данным термином понимаются огромные объемы данных, содержащие определенные характеристики явлений или объектов. Они могут быть как структурированные, так и не структурированные, однако их обработка с при-

менением математических моделей и автоматизация расчетов на основе методов искусственного интеллекта позволяют за приемлемое время находить неочевидные закономерности и генерировать новые закономерности работы.

В настоящее время знания о рисках не представлены в виде онтологических моделей, методов искусственного интеллекта и информационных технологий, обеспечивающих комплексные междисциплинарные исследования [1].

Целью исследования является разработка информационных систем по поддержке принятия решения на основе онтологического анализа, включающего понятийно-терминологический аппарат и концептуализацию знаний, математические модели, экспертные и расчетные процедуры, реализуемые средствами вычислительной техники.

Для выполнения поставленной задачи представим онтологическую модель рассматриваемой предметной области (техногенный риск электроустановок – ТРЭ) в виде кортежа [2]:

$$\text{ОнТМ} = \langle \text{П}, \text{О}, \text{И} \rangle,$$

где П – конечное множество понятий и терминов ТРЭ;

О – отношения между единицами ТРЭ;

И – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах.

В основе проектирования и реализации рассматриваемой предметной онтологии лежат следующие принципы:

а) ясность, позволяющая эффективно передавать смысл введенных терминов;

б) согласованность, предполагаемая, что все определения должны быть логически непротиворечивыми;

в) расширяемость, интерпретируемая как возможность монотонного расширения существующих терминов и понятий;

г) минимизация влияния кодирования, обеспечивающая концептуализацию логико-лингвистического уровня представления вместо символического кодирования.

Процедура разработки онтологии включает спецификацию, концептуализацию, формализацию и реализацию [3].

Спецификация, определяющая цель создания концептуализации знаний, предполагает описание множества понятий и объектов и установление связей между ними.

Концептуализация знаний предполагает описание множества понятий и объектов и уста-

новление связей между ними. При этом концептуализация обеспечивает структурирование баз данных и знаний, т.е. построение эвентологической модели техногенных рисков человеко-машинной системы «Ч-Э-С».

Формализация осуществляет трансформацию рассматриваемой концептуальной модели.

Реализация трансформирует сформированную базу в математический, а затем программный алгоритм.

На 1-м этапе онтологического проектирования техногенной безопасности проведен семантический анализ, позволяющий выделить исходные термины и понятия, вытекающие из действующей нормативно-правовой базы [4].

- Безопасная зона – область пространства, в которой опасные факторы эксплуатации электроустановок отсутствуют, а люди защищены от воздействия опасных техногенных факторов.

- Диагностический параметр электроустановки – характеристика диагностируемого объекта, применяемая в определенном порядке для установления технического состояния.

- Допустимый техногенный риск – уровень в количественном выражении опасности, обоснованный социально-экономическими условиями общества.

- Индивидуальный техногенный риск, рассматривается как показатель потенциальной угрозы, который может привести к травмам или смерти в результате воздействия опасных факторов электрического тока или электрического поля.

- Математическая модель техногенного риска – эквивалент объекта (электроустановка, человеко-машинная система), отражающий в формализованном виде основные опасные его свойства и представления закономерностей (причинно-следственных и стохастических связей) с учетом наличия возможной неопределенности.

- Менеджмент техногенного риска – система процедур, способов и средств управления возникающими опасными ситуациями, включая идентификацию, анализ, оценку, интерпретацию, целью которых является создание условий обеспечения безопасности электроустановок объектов.

- Нарботка электроустановки – продолжительность эксплуатации, определяемая надежностью и безотказностью, способностью сохра-

нять работоспособность непрерывно или в течение некоторого времени, задаваемого технологическими режимами.

- Опасная техногенная ситуация – появление угроз возникновения аварий электроустановок, электропоражения людей, пожаров и электромагнитных излучений в результате нарушения функционирования компонентов человеко-машинной системы «Ч-Э-С».

- Оптимизация техногенного риска на этапе проектирования – процедура поиска наилучшего его значения, предназначенная для а) минимизации численного значения риска при заданных материальных и финансовых ресурсах; б) на этапе эксплуатации для обеспечения приемлемого (нормативного) значения риска при минимизации (ограничении) ресурсов.

- Отказ электроустановки – событие, заключающееся в ее нарушении работоспособности, т.е. возможности эффективно выполнять требуемую функцию.

- Оценка техногенного риска – процедура сравнения реального риска с заданными критериями с целью определения его значения в количественном и качественном выражении.

- Параметр технического состояния электроустановки – физическая величина, определяющая технические характеристики работоспособности объекта контроля (диагностирования), изменяющаяся в процессе эксплуатации [5].

- Предельное состояние электроустановки – состояние, при достижении которого ее дальнейшая эксплуатация становится ненадежной или невозможной.

- «Ресурс электроустановки – наработка объекта от начала его применения до наступления предельного состояния»; с сайта инфопедия [5].

- Рискообразующие факторы – комплекс опасных техногенных условий (обстоятельств), воздействие которых может привести к потере трудоспособности, материальному ущербу или гибели людей.

- Система техногенной безопасности электроустановок – комплекс организационных мероприятий и технических средств, исключающих или снижающих вероятность возникновения возможных видов опасности на объекте [6].

- Социальный техногенный риск – степень опасности, ведущая к гибели людей в результате воздействия угрожающих факторов, в первую очередь пожара от электрического тока.

- «Техническая диагностика – область знаний, охватывающая теорию, методы и средства, определяющие техническое состояние электроустановок объекта»; определение с сайта школа электрика [7].

- Техническое диагностирование – опытное или экспертное определение количественных и качественных характеристик электроустановок в человеко-машинной системе.

- Техническое состояние электроустановки характеризуется совокупностью проведенных измерений в процессе эксплуатации элементов объекта (токоведущих частей, изоляции и конструктивных узлов), определяемое признаками, установленными нормативно-технической документацией на изделие.

- Техногенная опасность – состояние объекта, определяемое вероятностью аварий в электроустановках, случаев электропоражения и пожаров.

- «Техногенный риск – мера возможной реализации опасности эксплуатации объекта и ее последствий для людей и материальных ценностей»; по определению Л.К. Осика [8].

- Управление техногенным риском – системная процедура определения опасности ситуации, выполняющая идентификацию, анализ, оценку, мониторинг, оптимизацию и принятие соответствующих решений.

- «Электромагнитная обстановка – совокупность электромагнитных явлений или процессов в данной области пространства или данной проводящей среде в частотном и временном диапазонах», определение из проекта Федерального закона [9].

- Электромагнитная совместимость – способность электронной или электромеханической техники надежно функционировать с заданным качеством в определенной электромагнитной обстановке и не создавать при этом недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам, а также не создавать отрицательного воздействия на человека.

- Электромагнитное воздействие – явление, вызванное электромагнитным полем, которое может оказывать негативное влияние на биологические объекты (человека и окружающую среду).

Рассмотрим систему управления техногенной безопасностью как совокупность методов и средств, в основе которых лежит выработка новых данных о причинах возникновения угроз

эксплуатации электроустановок на основе анализа данных о текущем состоянии системы.

Методология управления представляет собой процедуру, учитывающую вероятность возникновения риска и его последствий для получения количественной оценки опасности электроустановки. В основе оценки риска лежит численный расчет его значений по разработанной программе.

Анализ техногенного риска предполагает выполнение следующих этапов.

На 1-м этапе происходит формулировка содержания (логико-лингвистическая) постановка задачи, включающая предметную онтологию, комплекс терминов, с применением которых возможно установление закономерностей в происхождении неполадок и определение вероятности их возникновения. На основе имитационной модели человеко-машинной системы устанавливаются критерии оценки объекта, проводится определение основных источников неполадок и сценариев их реализации.

На 2-м этапе формулируется концептуальная постановка задачи моделирования. Полученная модель содержит исходные данные о рассматриваемой системе и процессах, которые могут стать причинами возникновения рисков. Возможность возникновения таких событий зависит от следования правилам проведения технологических операций, несоблюдение которых влечет отказы электрооборудования. Проводятся работы по проверке соответствия поставленной задачи правилам, стандартам или спецификаци-

ям. После подтверждения ведется разработка имитационной семантической модели.

Третий этап состоит из формализации полученных знаний путем перевода информационной модели предметной области путем построения на математической модели. На основе построенной математической модели строится модель расчетов управления рисками.

Обобщенная модель системы управления приведена на рисунке 1.

Используемые значения:

S_x, S_y – методики расчета параметров среды;

$УС$ – система, создающая воздействие U ;

$ИУ$ – реализация функций $УС$;

V – внутренние и внешние факторы, влияющие на состояние объекта.

Для получения результатов расчетов необходимо определение целей управления T и алгоритмов расчетов A .

Алгоритмом расчетов является порядок действий, которые необходимо предпринять для достижения целей управления T .

Описание процессов и объектов управления электроустановки содержится в наборе критериев $X_a = \{x_i | i = 1, 2, \dots, n_a\}$, дающие представление о процессах и объектах, X_p – на электроустановке, X_u – в организации. Для электроустановок выборка состоит из показателей с некоторым набором значений, дающих понятие о состоянии $X_p(t)$, с учетом времени t .

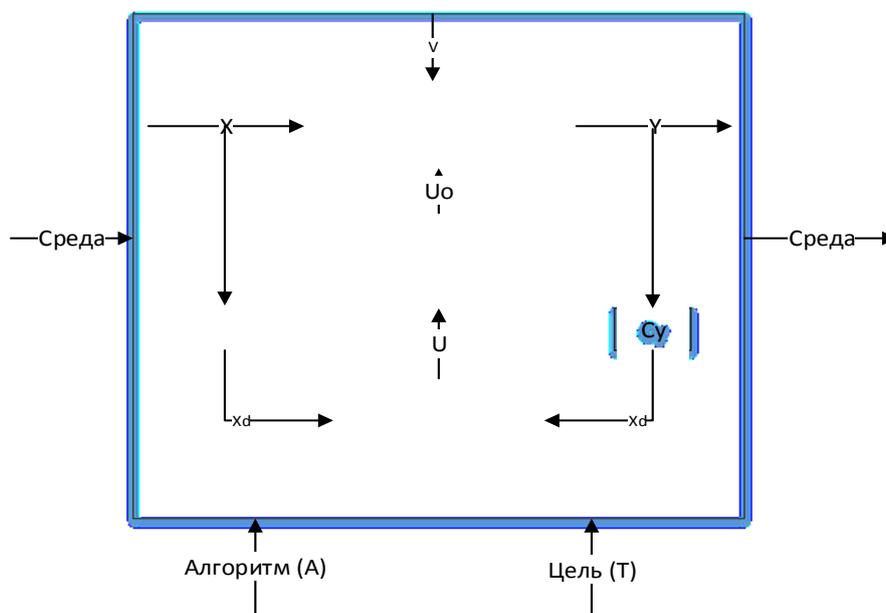


Рис. 1. Обобщенная модель системы управления рисками

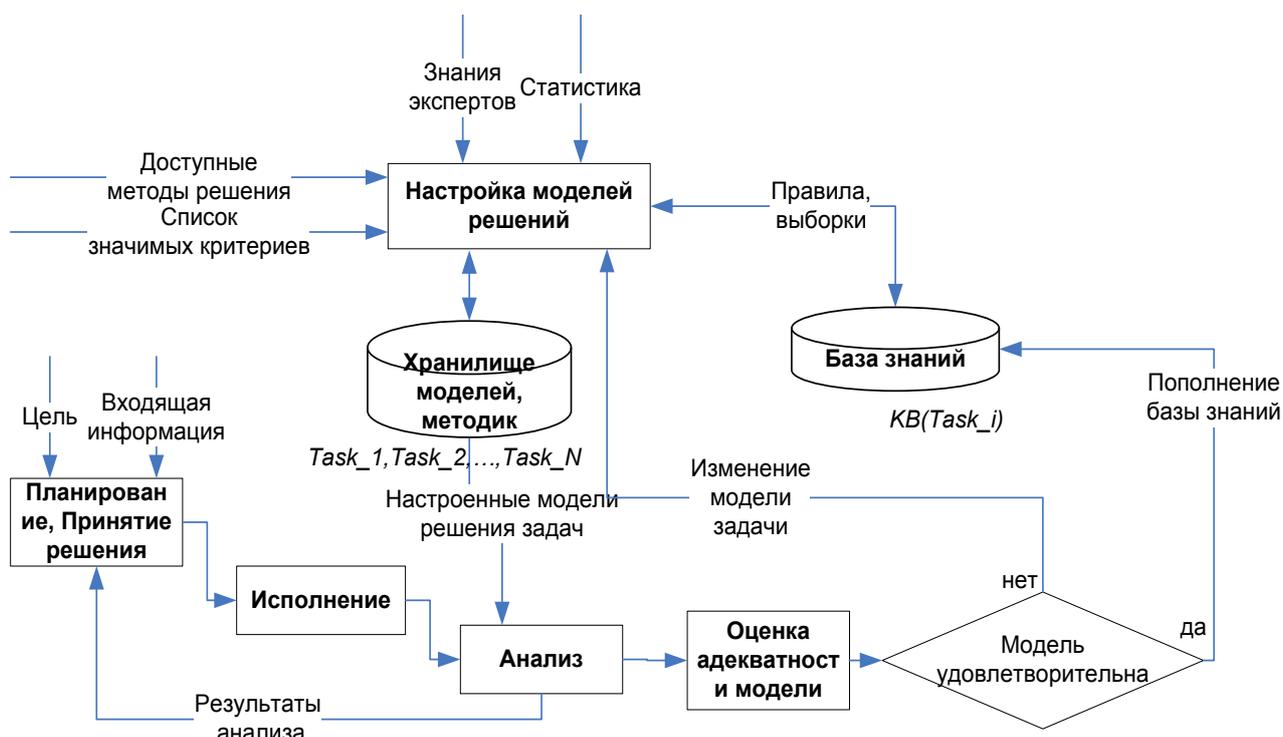


Рис. 2. Схема цикла управления на основе заранее настроенных моделей решения задач [10]

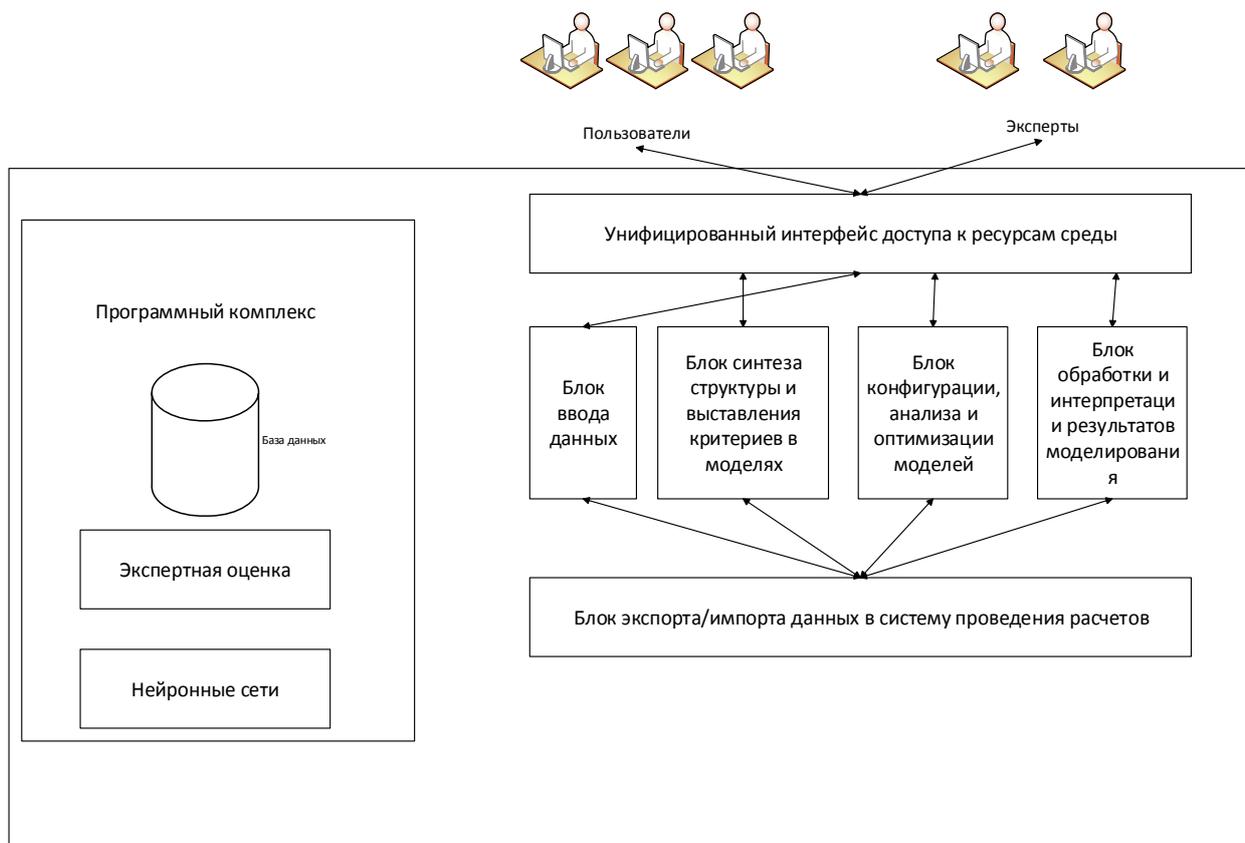


Рис. 3. Концептуальная архитектура экспертно-программного комплекса

Расчет значений риска I_p производится в соответствии с функцией F_p^{ip} по формуле $I_p(t) = F_p^{ip}(X_p(t))$.

Управление рисками представлено на рисунке 2. Данная схема применима для широкого круга электроустановок, эксплуатирующихся в АПК. Она построена на основе классического цикла Деминга и дает возможности гибкого использования, изменения моделей и применения различных методик решения задач.

Планирование расчета рисков начинается с анализа электроустановок, входной информацией являются данные, описывающие ЧМС (человеко-машинную систему). Анализ введенных данных осуществляется с применением построенных ранее моделей ($Task_1, Task_2, \dots, Task_N$).

Построенная модель на основе новых данных может дообучаться или переобучаться.

На основе проведенных исследований разработан и реализован алгоритм, позволяющий автоматизировать расчеты и выявить закономерности изменения состояния объекта и поддержки принятия решений для предотвращения возникновения опасностей и снижения моральных потерь и материального ущерба.

Таким образом, проведенный онтологический анализ знаний в области техногенной безопасности электроустановок базируется на 3 принципах:

- понятийном или концептуальном представлении онтологии рассматриваемой предметной области;
- количественных и качественных характеристиках данных, показателей ЧМС, представленных в БД и БЗ;
- обобщенной модели управления рисками, обеспечивающей решение задач идентификации, прогнозирования и оптимизации техногенных рисков электроустановок объекта.

Библиографический список

1. Берман, А. Ф. Информатика катастроф / А. Ф. Берман. – Текст: непосредственный // Про-

блемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2012. – № 3. – С. 17-37.

2. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. РД 03-418-01. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. – Текст: непосредственный.

3. Goncharov, I. Yu. The main aspects of ontological engineering of various subject areas / I. Yu. Goncharov, A. A. Sergienko // Conference Proceedings (сборник научных трудов по материалам конференции) International Conference on Business Economics, Engineering Technology, Medical and Health Sciences, 30.11.2019, USA, Morrisville. – URL: <http://scipro.ru/conf/09-05-112019> (дата обращения: 17.03.2021). – Текст: электронный.

4. Никольский, О. К. Математическая модель оценки и управления рисками аварий в системах электроснабжения / О. К. Никольский, Л. Ю. Качесова, И. А. Шаныгин. – Текст: непосредственный // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2018. – № 11. – С. 72-77.

5. Нормы допустимой вибрации турбоагрегатов. – URL: <https://infopedia.su/3xb88f.html> (дата обращения: 27.01.2021). – Текст: электронный.

6. Аюбов, Э.Н. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: словарь основных терминов и определений системы / Э. Н. Аюбов, Д. З. Прищепов, М. А. Иванова; ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). – Москва, 2011. – Текст: непосредственный.

7. Школа для электрика. – URL: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1735-tekhnicheskaja-diagnostika-i-metody.html> (дата обращения: 27.01.2021). – Текст: электронный.

8. Осика, Л. К. Инжиниринг объектов интеллектуальной энергетической системы. Проектирование. Строительство. Бизнес и управление / Л. К. Осика. – Москва: МЭИ, 2014. – 780 с. – ISBN 978-5-383-00869-0. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/72227> (дата обращения: 25.03.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

9. Проект Федерального закона n 97803000-2 «О государственном регулировании в области обеспечения электромагнитной совместимости технических средств» (окончательная ред., принятая ГД ФС РФ 01.12.1999). – Текст: непосредственный.

10. Тишков, О. И. Математическое моделирование инновационного потенциала организации на основе гибридных экспертных систем: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.13.18: защищена 22.10.10 / Тишков Олег Иванович. – Барнаул, 2010. – 170 с. – Текст: непосредственный.

11. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика / А. А. Усков, А. В. Кузьмин. – Москва: Горячая Линия – Телеком, 2004. – 143 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Berman, A. F. Informatika katastrof / A. F. Berman. – Текст: непосредственный // Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij. – 2012. – № 3. – S. 17-37.

2. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu analiza riska opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov. RD 03-418-01. – 3-e izd., ispr. i dop. – Moskva: GUP «Nauchno-tehnicheskij centr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii», 2002. – Текст: непосредственный.

3. Goncharov, I. Yu. The main aspects of ontological engineering of various subject areas / I. Yu. Goncharov, A. A. Sergienko // Conference Proceedings (sbornik nauchnyh trudov po materialam konferencii) International Conference on Business Economics, Engineering Technology, Medical and Health Sciences, 30.11.2019, USA, Morrisville. – URL: <http://scipro.ru/conf/09-05-112019> (data obrashcheniya: 17.03.2021). – Текст: электронный.

4. Nikol'skij, O. K. Matematicheskaya model' ocenki i upravleniya riskami avarij v sistemah

elektrosnabzheniya / O. K. Nikol'skij, L. Yu. Kachesova, I. A. Shanygin. – Текст: непосредственный // Elektrooborudovanie: ekspluatatsiya i remont. – 2018. – № 11. – S. 72-77.

5. Normy dopustimoy vibracii turboagregatov. – URL: <https://infopedia.su/3xb88f.html> (data obrashcheniya: 27.01.2021). – Текст: электронный.

6. Ayubov, E.N. Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah: slovar' osnovnyh terminov i opredelenij sistemy / E. N. Ayubov, D. Z. Prishchepov, M. A. Ivanova; FGU VNII GOCHS (FC). – Moskva, 2011. – Текст: непосредственный.

7. Shkola dlya elektrika. – URL: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1735-tehnicheskaja-diagnostika-i-metody.html> (data obrashcheniya: 27.01.2021). – Текст: электронный.

8. Osika, L. K. Inzhiniring ob"ektov intellektual'noj energeticheskoy sistemy. Proektirovanie. Stroitel'stvo. Biznes i upravlenie / L. K. Osika. – Moskva: MEI, 2014. – 780 s. – ISBN 978-5-383-00869-0. // Lan': elektronno-bibliotchnaya sistema. – URL: <https://e.lanbook.com/book/72227> (data obrashcheniya: 25.03.2021). – Rezhim dostupa: dlya avtoriz. pol'zovatelej. – Текст: электронный.

9. Proekt Federal'nogo zakona n 97803000-2 «О государственном регулировании в области обеспечения электромагнитной совместимости технических средств» (окончательная ред., принятая ГД ФС РФ 01.12.1999). – Текст: непосредственный.

10. Tishkov, O. I. Matematicheskoe modelirovanie innovacionnogo potenciala organizacii na osnove gibridnyh ekspertnyh sistem: dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.13.18: zashchishchena 22.10.10 / Tishkov Oleg Ivanovich. – Barnaul, 2010. – 170 s. – Текст: непосредственный.

11. Intellektual'nye tekhnologii upravleniya. Iskustvennyye nejronnye seti i nechetkaya logika / A. A. Uсков, A. V. Kuz'min. – Moskva: Goryachaya Liniya – Telekom, 2004. – 143 s. – Текст: непосредственный.

