

+УДК 004.89

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.42.3.009](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.42.3.009)

Методика разработки и выбора проекта систем противопожарной защиты

Ю.В. Никулина✉, Т.Э. Шульга, А.А. Сытник

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Саратов, Российская Федерация*

Резюме. Статья посвящена проблемам анализа большого количества нормативной документации при проектировании систем противопожарной защиты. Определены основные характеристики объекта, определяющие проектные решения при создании такой системы. Описана методика выбора наиболее значимых факторов и критериев принятия принципиальных проектных решений, позволяющих определить необходимость оборудования помещений объекта тем или иным типом систем пожарной автоматики. Внедрение существующих иностранных приложений в российских проектных организациях вызывает затруднения, связанные как с отсутствием базы нормативных документов, так и с особенностями внедрения зарубежных продуктов, в том числе реорганизация бизнес-процессов и требования переобучить персонал. Специалисты могут тратить часы на внесение в эти системы как информации, соответствующей российскому законодательству, так и справочной информации, например из справочника по горючести материалов. В статье описана структура и состав системы поддержки принятия решений позволяющей создать сопроводительную документацию к проекту систем противопожарной защиты, а также выбрать конфигурацию по заданным критериям. Разработанная авторами онтологическая модель выступает базой знаний такой системы. Сформированный RDF-файл и онтология предметной области «Системы противопожарной защиты» размещены в открытом доступе и, хотя разрабатывались для конкретного приложения, могут быть использованы разработчиками для решения других задач при проектировании, монтаже и техническом обслуживании систем противопожарной защиты.

Ключевые слова: пожарная безопасность, система противопожарной защиты, методика разработки проекта, система поддержки принятия решений, критерии принятия принципиальных проектных решений.

Для цитирования: Никулина Ю.В., Шульга Т.Э., Сытник А.А. Методика разработки и выбора проекта систем противопожарной защиты. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1355> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.42.3.009

Methodology for developing and selecting the project of a fire protection system

Yu.V. Nikulina✉, T.E. Shulga, A.A. Sytnik

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, the Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the issues of analyzing a large number of regulatory documents in the design of fire protection systems. The main characteristics of the object are defined, which determine the design decisions when creating such a system. A technique for choosing the most significant factors and criteria for making fundamental design decisions is described; they make it possible to establish if it is necessary to equip the facility with a particular type of fire automatics systems. The implementation of existing foreign applications in Russian design companies causes difficulties associated both with the lack of a regulatory document base and with the peculiarities of introducing foreign products, including the reorganization of business processes and the requirement to retrain personnel. Specialists can spend

hours adding to these systems the information that complies with the Russian legislation as well as reference information, for example, from a guide to combustibility of materials. The article describes the structure and composition of the decision support system that helps to create an accompanying fire protection system for the project as well as to choose a configuration according to the specified criteria. The ontological model developed by the authors is the knowledge base of such a system. The generated RDF file and the ontology of the subject area "Fire protection systems" are available in the public domain. Although they were developed for a specific application, they can be used by developers to solve other problems in the design, installation and maintenance of fire protection systems.

Keywords: fire safety, fire protection system, project development methodology, decision support system, criteria for making fundamental design decisions.

For citation: Nikulina Yu.V., Shulga T.E., Sytnik A.A. Methodology for developing and selecting the project of a fire protection system. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1355> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.42.3.009 (In Russ.).

Введение

Вопросу обеспечения пожарной безопасности с каждым годом уделяется все больше внимания на государственном уровне. Одним из главных факторов обеспечения пожарной безопасности является корректно спроектированная система противопожарной защиты. Разработка проекта системы противопожарной защиты определяется сложным законодательно определенным алгоритмом. Регулируются основные составляющие и характеристики такой системы в нормативных документах (федеральных законах, сводах правил и др.) по пожарной безопасности. На практике компании, занимающиеся разработкой таких систем, сталкиваются, с одной стороны, с проблемой соблюдения всех нормативных требований, а с другой стороны, выбора конфигурации системы, которая зависит от большого количества технико-экономических показателей и существенно влияет на стоимость.

Говоря о степени изученности проблемы, следует отметить, что отечественные и зарубежные авторы в своих исследованиях разрабатывают модели и методы поддержки принятия решений по предупреждению пожароопасных ситуаций на предприятиях [1-3]. Однако задача проектирования систем противопожарной защиты в рассмотренных научных публикациях подробно не рассматривается. Методики и программные продукты, которые разработаны для иностранных компаний, например [4, 5], не соответствуют отечественным законодательным нормам и требованиям. В большинстве же российских исследований, проводимых компаниями-производителями оборудования [6], предлагаются узкоспециализированные решения, подходящие только для работы с конкретной маркой оборудования. В них не представлена методика, подходящая для разных производителей, и не проведен системный анализ процесса построения проекта систем противопожарной защиты.

Целью работы является разработка методики, реализованной в виде системы поддержки принятия решений (СППР), которая позволяет построить несколько вариантов системы противопожарной защиты, подготовить сопроводительную документацию к проекту систем противопожарной защиты, а также выбрать конфигурацию, которая является наиболее экономически выгодной либо имеет наиболее низкий показатель пожарного риска. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: анализ нормативной документации, разработка алгоритмов на основании проведенного анализа, затем разработка приложения, базой знаний которого выступает предложенная авторами онтологическая модель.

Материалы и методы

Согласно проведенному системному анализу [7], теоретически каждому объекту с учетом норм законодательства можно сопоставить несколько проектов. Но на практике из-за большой нагрузки при создании проекта и значительных временных затрат, инженер-проектировщик самостоятельно осуществляет выбор одной наиболее подходящей конфигурации проекта и разрабатывает только ее одну. При этом выбор зачастую основан только на личном опыте и может не учитывать важные характеристики, т.к. проектируется только одна конфигурация проекта и не осуществляется проверка ее наибольшей экономической эффективности.

Можно выделить следующие этапы обработки данных об объекте для цели расчета стоимости проекта и пожарного риска в соответствии с результатами системного анализа:

- 1) анализ исходных данных, включающий в себя (в случае отсутствия) разработку технического задания на проект систем противопожарной защиты;
- 2) определение нормативных показателей подсистем и их характеристик;
- 3) определение количества конфигураций;
- 4) разработка проектных решений;
- 5) расчет пожарного риска;
- 6) составление сметной документации;
- 7) анализ результатов расчетов и выбор конфигурации с минимальной стоимостью и / или пожарным риском.

Их последовательное выполнение представляет собой методику разработки и выбора проекта систем противопожарной защиты. Для каждого объекта можно выделить технико-экономические характеристики, влияющие на принятие тех или иных проектных решений. Они представлены на Рисунке 1.

Характеристики объекта, определяющие проектные решения при создании системы противопожарной защиты R	
Определяющие алгоритмы выбора характеристик подсистем R_F	Определяющие значения нормативных показателей в алгоритмах R_X
<p>P_{const}</p> <ul style="list-style-type: none"> • назначение • тип объекта • количество этажей • высота здания • общая площадь • особенности конструкции • наличие специализированных помещений • категория по взрывопожарной и пожарной опасности (при наличии) • категория надежности электроснабжения по ПУЭ (при наличии) • класс по функциональной пожарной опасности • число посетителей 	<p>P_{var}</p> <ul style="list-style-type: none"> • тип СПС • алгоритм принятия решения о пожаре • тип АУПТ и характеристик • тип огнетушащего вещества • тип СОУЭ • производитель оборудования
	<ul style="list-style-type: none"> • назначение • общая площадь • высота потолков • регион • категория по взрывопожарной и пожарной опасности (при наличии) • категория надежности электроснабжения по ПУЭ (при наличии) • класс по функциональной пожарной опасности • производитель оборудования

Рисунок 1 – Характеристики объекта, влияющие на проектные решения
Figure 1 – Characteristics of the object that affect the design decisions

Среди характеристик можно выделить те, которые определяют значения нормативных показателей, а также те, которые определяют алгоритмы выбора характеристик подсистем. Их, в свою очередь, можно разделить на постоянные для конкретного объекта, а также переменные. Пожарно-технические характеристики объекта позволяют определить категорию риска объекта и уровень ответственности, чтобы грамотно выбрать технические решения на стадии разработки проекта систем противопожарной защиты. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» является основным нормативным документом в данной сфере.

Величина пожарного риска является важным критерием, по которому можно сравнить различные конфигурации. Пожарный риск – это оценка вероятности возникновения пожара в здании или другом объекте, а также возможности последствий пожара для людей и имущества. Расчет пожарного риска осуществляется согласно описанным в законодательстве алгоритмам, расставляются коэффициенты, соответствующие основным технико-экономическим характеристикам объекта, а также согласно принятым проектным решениям. Величина пожарного риска также законодательно определена и должна быть не более 10^{-6} год⁻¹. Расчет параметров эвакуации осуществляется с использованием специализированного программного обеспечения. В нашем случае снижение пожарного риска происходит за счет добавления определенных подсистем. Например, добавления системы автоматического пожаротушения, которая в ряде случаев не требуется законодательством.

В Таблице 1 представлено множество различных конфигураций проекта.

Таблица 1 – Множество наборов значений переменных характеристик, соответствующих различным конфигурациям проекта

Table 1 – Set of variable characteristic values corresponding to different project configurations

Конфигурация проекта	Необходимость СПС	Тип СПС	Алгоритм принятия решения о пожаре	Необходимость АУПТ	Тип АУПТ	Тип СОУЭ (для 4 и 5 типа)	Марка оборудования
Варианты	+/-	Адресная/безадресная	А, В, С	+/-	Вода, пена, газовые установки, порошковые установки		Болид, Рубеж, Астра, Сибирский Арсенал
1	+	безадресная	А	-	-	-	Болид
2	+	безадресная	С	-	-	-	Болид
3	+	адресная	А	-	-	-	Рубеж
4	+	адресная	С	+	Вода	4	Астра
5	+	адресная	В	+	Пена	5	Болид
6	+	адресная	С	+	Вода	5	Рубеж
...							
8	-	-		+	Порошок		Астра
...							
15	+	адресная	С	+	Газ	5	Болид

Заказчик может выбрать (при соблюдении норм законодательства) для объекта как первый самый простой вариант конфигурации, так и при желании – самый сложный и дорогой вариант. Оптимальность конфигурации определяет инженер-проектировщик исходя из своего опыта, личных предпочтений. Не всегда оптимальная для

проектировщика конфигурация имеет минимальную стоимостью и / или пожарный риск. Один и тот же объект разные проектировщики могут оснастить разными системами противопожарной защиты, учитывая требования ГОСТ Р 59638-2021 «Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность».

В данной работе мы не рассматривали модели эвакуации, которым посвящено достаточно много публикаций, например [2, 8]. Всего, согласно описанной нами модели, можно построить 6 вариантов системы автоматической пожарной сигнализации в зависимости от выбранного типа СПС, а также выбранного алгоритма принятия решения о пожаре. В зависимости от типа выбранного огнетушащего вещества можно построить 4 варианта системы автоматического пожаротушения. Согласно законодательству, окончательное решение по выбору системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) 4 или 5 типа принимается проектной организацией, поэтому $K_{СОУЭ}$ в формуле может принимать значения 1 и 2. В рамках данного исследования на основе консультации с экспертами были выбраны 4 марки, среди них – Bolid, Рубеж, Сибирский Арсенал, Спектрон НПО.

Алгоритм определения нормативных показателей подсистем и их характеристик, влияющих на принятие проектных решений, представлен в виде общей схемы на Рисунке 2.

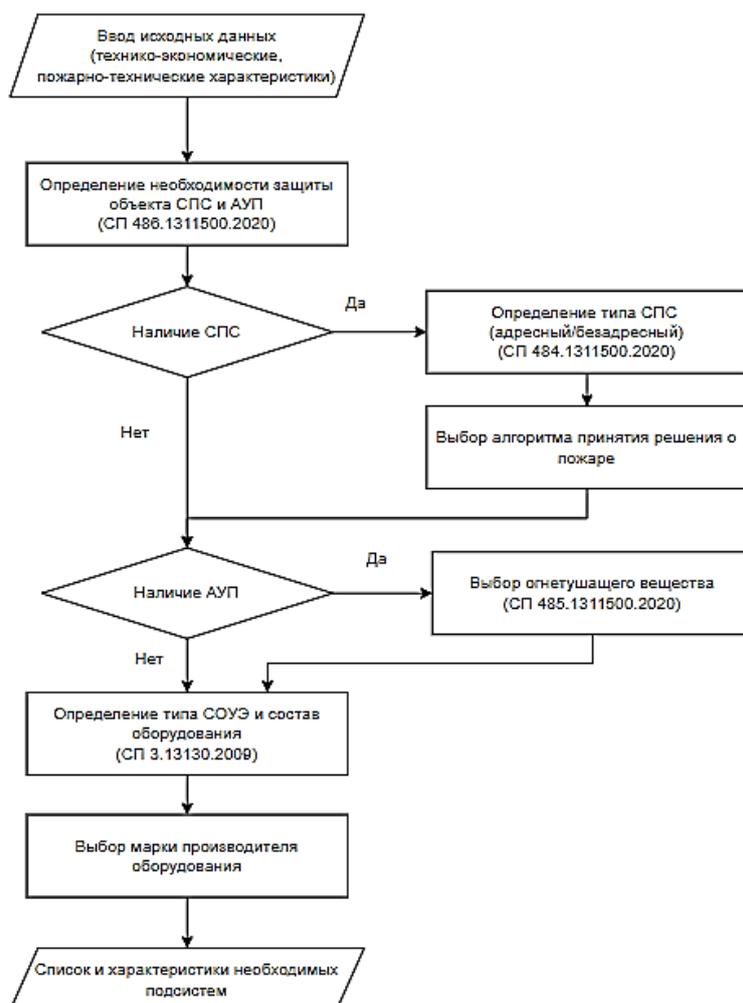


Рисунок 2 – Определение нормативных показателей подсистем и их характеристик
Figure 2 – Defining benchmarks of subsystems and their characteristics

В данной схеме представлены только те этапы проектирования, в которых принципиальные проектные решения могут приниматься проектировщиком и не жестко регулируются законодательством для всех объектов защиты. Проектирование осуществляется согласно требованиям ГОСТ Р 21.101-2020 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации». Остальные этапы были подробно рассмотрены нами в [7].

Существуют объекты, для которых жестко регулируются правила и требования проектирования, тогда количество конфигураций проекта для них определяется количеством производителей, по которым рассчитывается стоимость проекта.

После определения возможного количества конфигураций проекта разрабатывается несколько вариантов проекта с учетом требований законодательства и условий заказчика, затем рассчитывается итоговая стоимость для каждого возможного варианта, и наконец среди них выбирается наиболее экономически эффективная конфигурация либо конфигурации с наименьшей величиной пожарного риска.

Для предоставления заказчику расчетов по проекту составляется сметная документация на основе спецификации оборудования и материалов, которая представляет собой таблицу со списком всего применяемого оборудования, а также актуальных расценок на оборудование и монтаж систем. На основе сравнения итоговой стоимости конфигураций проекта по сметной документации, а также величины пожарного риска для каждой конфигурации осуществляется выбор наиболее подходящего требованиям заказчика варианта проекта.

Общая формула расчета стоимости проекта для различных конфигураций представлена в Таблице 2.

Таблица 2 – Стоимость проекта для множества значений переменных характеристик
Table 2 – Project cost for a set of variable characteristic values

Конфигурация	Стоимость
1	$S_1 = S_{СПС\text{безадр}}(\text{алг. А; Болид})$
2	$S_2 = S_{СПС\text{безадр}}(\text{алг. С; Болид})$
3	$S_3 = S_{СПС\text{адр}}(\text{алг. А; Рубеж})$
...	...
i	$S_i = S_{СПС} + S_{АУПТ} + S_{СОУЭ}$

Предложенная методика разработки и выбора проекта систем противопожарной защиты, была реализована в виде СППР, которая прошла процедуру государственной регистрации в качестве программы для ЭВМ. В качестве языка программирования приложения выбран язык Java. Интерфейс программы реализован с помощью платформы Java Swing. Для подключения базы данных и базы знаний задействованы библиотеки Java Data Base Connector и Apache Jena. Сами база данных и база знаний основываются на технологиях MySQL и Linked Open Vocabulary соответственно. Разработанная авторами онтологическая модель [9] выступает базой знаний приложения. Представление знаний в различных областях с помощью веб-онтологий, позволяющее опубликовать эту модель в открытых форматах, применяется в большом количестве исследований (например, [10, 11]).

Результаты

Апробация данной методики и программы проходила в коммерческой организации ООО «Югспецавтоматика-С», основные виды деятельности которой включают проектирование, монтаж и техническое обслуживание систем

противопожарной защиты. С ее помощью был разработан ряд проектов для заказчиков. В результате применения данной программы и использования описанной в данной статье методики сократилось время разработки проекта. В Таблице 3 представлено сравнение примерных временных затрат при подготовке одного и того же проекта систем противопожарной защиты экспертом с использованием программы и без нее. Например, по экспертным оценкам, ранее для составления одного проекта небольшого магазина в торговом центре специалисту требовалось 5 часов, после внедрения программы, инженер-проектировщик за меньшее время (2,5 часа) может подготовить 3 различных варианта проекта, удовлетворяющих требованиям законодательства и условиям заказчика.

Таблица 3 – Трудозатраты на подготовку проекта
Table 3 – Project preparation labor costs

Наименование работ	Время выполнения, ч.	
	Без использования СППР	С использованием СППР
Проект систем для небольшого магазина в торговом центре		
Анализ исходных данных (в том числе расчет пожарно-технических характеристик объекта)	1	0,5
Определение нормативных показателей подсистем и их характеристик	1	0
Расположение оборудования	2	1,5
Подготовка пояснительной записки и спецификации	1	0,5
ИТОГО	5	2,5
Проект систем для трехэтажной гостиницы с дополнительными помещениями		
Анализ исходных данных (в том числе расчет пожарно-технических характеристик объекта)	7	4
Определение нормативных показателей подсистем и их характеристик	5	1
Расположение оборудования	10	8
Подготовка пояснительной записки и спецификации	5	2
ИТОГО	27	15

Обсуждение

Внедрение предложенной методики в виде приложения «Разработка сопроводительной документации для систем пожарной автоматики» позволило получить корректные результаты при подготовке проектов систем противопожарной защиты для реальных объектов. Разработанная программа позволяет проектировщику тратить меньше времени на создание проекта, точнее учитывать все требования законодательных норм, а также предоставляет конкурентные преимущества в виде подготовки нескольких вариантов проекта. Заказчик может выбрать наиболее подходящий проект по стоимости, производителю, величине пожарного риска, а также другим важным характеристикам. В частности, результаты сравнения итоговых сметных расчетов построенных конфигураций проекта для трехэтажной гостиницы представлены в Таблице 4. Данный пример иллюстрирует, что в небольших объектах, которые не включают помещений, принадлежащих к категориям повышенной взрывопожароопасности, уровень пожарного риска не является основным критерием для выбора, и чаще всего заказчики выбирают

проект по стоимости. Но для производственных объектов или объектов с повышенной взрывопожароопасностью более важной будет величина пожарного риска.

Таблица 4 – Разработанные варианты конфигурации проекта для трехэтажной гостиницы
Table 4 – Calculated project configurations for a three-storey hotel

№	Тип системы	Производитель оборудования	Итоговая сумма в смете, руб.	Пожарный риск
1	Безадресная	Болид	205 694,34	$3.642 \cdot 10^{-7}$
2	Адресная	Болид	282 235,78	$3.642 \cdot 10^{-7}$
3	Адресная	Астра	284 005,92	$3.642 \cdot 10^{-7}$
4	Адресная	Рубеж	261 062,96	$3,642 \cdot 10^{-7}$

Заключение

Таким образом, предложена и апробирована на реальном примере методика разработки и выбора проекта, выделены основные параметры, позволяющие определить необходимый для объекта список систем противопожарной защиты. Для реализации данной методики и применения ее на практике была предложена структура и состав системы поддержки принятия решений, позволяющей создать сопроводительную документацию к проекту системы противопожарной защиты, а также выбрать конфигурацию, которая является наиболее оптимальной для заказчика. Модуль СППР «Разработка сопроводительной документации для систем пожарной автоматики» прошел апробацию в работе коммерческой организации и получил одобрение и высокие оценки от экспертов в данной области.

Следует отметить, что сформированный RDF-файл и онтология предметной области «Системы противопожарной защиты» размещены в открытом доступе и могут быть использованы разработчиками для решения других задач.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Цвиркун А.Д., Резчиков А.Ф., Самарцев А.А., Богомолов А.С., Иващенко В.А., Кушников В.А., Филимонюк Л.Ю. Интегрированная модель динамики распространения опасных факторов пожара в помещениях и эвакуации из них. *Вестник компьютерных и информационных технологий*. 2019;176(2):47–56.
2. Samartsev A., Rezchikov A., Kushnikov V., Ivaschenko V., Filimonyuk L., Fominykh D., Dolinina O. Software package for modeling the process of fire spread and people evacuation in premises. In: Dolinina O., Brovko A., Pechenkin V., Lvov A., Zhmud V., Kreinovich V. (eds) *Recent Research in Control Engineering and Decision Making. ICIT 2019. Studies in Systems, Decision and Control*. Vol. 199. Springer, Cham; 2019. p. 26–36.
3. Guarino N., Musen M. Applied ontology: The next decade begins. *Applied Ontology*. 2015;10(1):1–4. DOI: 10.3233/AO-150143.
4. Земский Г. Т., Вогман Л. П., Кондратюк Н. В., Корольченко Д. А. Анализ методов определения коэффициента участия горючих газов и паров во взрыве при установлении категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности. *Пожаровзрывобезопасность*. 2022;31(4):27–37. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.04.27-37.
5. Smith R., Injamuri C.K. Design and calculation of fire sprinkler systems in revit per NFPA and other standards. URL: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Design->

- [and-Calculation-Fire-Sprinkler-Systems-Revit-NFPA-and-Other-Standards-2019](#). (дата обращения 01.04.2023).
6. Noble P., Paveglio T.B. Exploring adoption of the wildland fire decision support system: end user perspectives. *Journal of Forestry*. 2020;118(2):154–171. DOI: 10.1093/jofore/fvz070.
 7. Dagaeva M., Katasev A. (2021) Fuzzy Rules Reduction in Knowledge Bases of Decision Support Systems by Objects State Evaluation. In: Kravets A.G., Bolshakov A.A., Shcherbakov M. (eds) *Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control. Studies in Systems, Decision and Control*. Vol. 338. Springer, Cham; 2021. 367 p.
 8. Shulga, T., Nikulina Y. Decision support system for fire alarm design. In: Kravets A.G., Bolshakov A.A., Shcherbakov M. (eds) *Society 5.0: Human-Centered Society Challenges and Solutions*. Vol. 416. Cham, Springer; 2022. p. 407–416. DOI: 10.1007/978-3-030-95112-2_33.
 9. Doroshenko A.V., Demin E.S. Modelling of fire escalation and escape routes as exemplified by a higher educational institution. *Industrial and Civil Engineering*. 2022;6:38–45. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.06.38-45.
 10. Шульга Т. Э., Никулина Ю. В. Категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности на основе онтологического моделирования. *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*. 2021;82(56):112–118. DOI: 10.36807/1998-9849-2020-56-82-112-118.
 11. Шульга Т.Э., Сытник А.А. О подходе к обеспечению транзитивности свойств в веб-онтологиях. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2022;10(4). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1265>. DOI: 10.26102/2310-6018/2022.39.4.009.
 12. Shulga T., Sytnik A., Kumova S., Isaev D. Web service for the dissertation opponents selection based on ontological approach. *CEUR Workshop Proceedings. Selected Papers of the 22nd International Conference "Enterprise Engineering and Knowledge Management"*. ЕЕКМ 2019; 2019. p. 145–151.

REFERENCES

1. Cvirkun A.D., Rezhnikov A.F., Samarcev A.A., Bogomolov A.S., Ivashhenko V.A., Kushnikov V.A., Filimonjuk L.Ju. An integrated model of the dynamics of the spread of fire hazards in rooms and evacuation from them. *Vestnik komp'yuternyh i informacionnyh tehnologij = Herald of Computer and Information Technologies*. 2019;176(2):47–56 (In Russ.).
2. Samartsev A., Rezhnikov A., Kushnikov V., Ivaschenko V., Filimonyuk L., Fominykh D., Dolinina O. Software package for modeling the process of fire spread and people evacuation in premises. In: Dolinina O., Brovko A., Pechenkin V., Lvov A., Zhmud V., Kreinovich V. (eds) *Recent Research in Control Engineering and Decision Making. ICIT 2019. Studies in Systems, Decision and Control*. Vol. 199. Springer, Cham; 2019. p. 26–36.
3. Guarino N., Musen M. Applied ontology: The next decade begins. *Applied Ontology*. 2015;10(1):1–4. DOI: 10.3233/AO-150143.
4. Zemskiy G.T., Vogman L.P., Kondratyuk N.V., Korolchenko D.A. Analysis of methods used to identify combustible gas and vapour-related factors contributing to explosions in the context of assigning explosion and fire safety categories to premises. *Pozharovzryvobezopasnost = Fire and Explosion Safety*. 2022;31(4):27–37. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.04.27-37 (In Russ.).

5. Smith R., Injamuri C.K. Design and calculation of fire sprinkler systems in revit per NFPA and other standards. URL: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Design-and-Calculation-Fire-Sprinkler-Systems-Revit-NFPA-and-Other-Standards-2019>. (accessed on 01.04.2023).
6. Noble P., Paveglio T.B. Exploring adoption of the wildland fire decision support system: end user perspectives. *Journal of Forestry*. 2020;118(2):154–171. DOI: 10.1093/jofore/fvz070.
7. Dagaeva M., Katasev A. (2021) Fuzzy Rules Reduction in Knowledge Bases of Decision Support Systems by Objects State Evaluation. In: Kravets A.G., Bolshakov A.A., Shcherbakov M. (eds) *Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control. Studies in Systems, Decision and Control*. Vol. 338. Springer, Cham; 2021. 367 p.
8. Shulga, T., Nikulina Y. Decision support system for fire alarm design. In: *Kravets A.G., Bolshakov A.A., Shcherbakov M. (eds) Society 5.0: Human-Centered Society Challenges and Solutions*. Vol. 416. Cham, Springer; 2022. p. 407–416. DOI: 10.1007/978-3-030-95112-2_33.
9. Doroshenko A.V., Demin E.S. Modelling of fire escalation and escape routes as exemplified by a higher educational institution. *Industrial and Civil Engineering*. 2022;6:38–45. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.06.38-45.
10. Shulga T.E., Nikulina Yu.V. Definition of the category of rooms for explosion and fire hazards using ontological simulation. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)*. 2021;82(56):112–118. DOI: 10.36807/1998-9849-2020-56-82-112-118 (In Russ.).
11. Shulga T.E., Sytnik A.A. About the approach to ensuring the property transitivity of in web ontologies. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(4). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1265>. DOI: 10.26102/2310-6018/2022.39.4.009 (In Russ.).
12. Shulga T., Sytnik A., Kumova S., Isaev D. Web service for the dissertation opponents selection based on ontological approach. *CEUR Workshop Proceedings. Selected Papers of the 22nd International Conference "Enterprise Engineering and Knowledge Management"*. ЕЕКМ 2019; 2019. p. 145–151.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Никulina Юлия Владимировна, аспирант, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Российская Федерация.

e-mail: nikulinajul@gmail.com

ORCID: [0000-0001-8312-6546](https://orcid.org/0000-0001-8312-6546)

Шульга Татьяна Эриковна, доктор физико-математических наук, профессор, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Российская Федерация.

e-mail: taiss@yandex.ru

ORCID: [0000-0002-5521-5960](https://orcid.org/0000-0002-5521-5960)

Сытник Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Саратовский государственный

Yuliya Vladimirovna Nikulina, Postgraduate Student, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, the Russian Federation.

Tatiana Erikovna Shulga, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, the Russian Federation.

Aleksandr Aleksandrovich Sytnik, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department, Yuri Gagarin State Technical

технический университет имени Гагарина University of Saratov, Saratov, the Russian
Ю.А., Саратов, Российская Федерация. Federation.

e-mail: as@sstu.ru

ORCID: [0000-0002-1256-7253](https://orcid.org/0000-0002-1256-7253)

*Статья поступила в редакцию 17.04.2023; одобрена после рецензирования 17.07.2023;
принята к публикации 04.08.2023.*

*The article was submitted 17.04.2023; approved after reviewing 17.07.2023;
accepted for publication 04.08.2023.*