

10. Sun, Z. Application and analysis of hydrostatic level gauges in deformation monitoring of subway tunnels during operation / Z. Sun, S. Zhang, N. Liu // Modern Tunneling Technology. – 2015. – Vol.52. – P. 203–208.
11. Boerez, J. Analysis and modeling of the effect of tides on the hydrostatic leveling system at CERN / J. Boerez, J. Hinderer, L. Rivera, M. Jones // Survey Review. – 2012. – Vol.44. – P. 256–264.
12. Tsvetkov, R. Dynamic processes in hydrostatic leveling systems with various configuration and fluid properties / R. Tsvetkov et al // Procedia Structural Integrity. – 2021. – Vol.32 – P.209-215.
13. Tsvetkov, R.V. Numerical estimation of various influence factors on a multipoint hydrostatic leveling system/ R.V. Tsvetkov, V.V. Yepin and A.P. Shestakov // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. – 2017. – 208. – 012046.
14. D'Oreye, N. Very high resolution long-baseline water-tube tiltmeter to record small signals from Earth free oscillations up to secular tilts / N. D'Oreye, W. Zurn // Review of Scientific Instruments. – 2005. – Vol. 76. – 024501.
15. Boudin, F. A silica long base tiltmeter with high stability and resolution / F. Boudin et al // Review of Scientific Instruments. – 2008. – Vol. 79. – 034502.
16. Манукин, А.Б. Результаты долговременных исследований длиннобазисного гидростатического нивелира / А.Б. Манукин, О.С. Казанцева, И.И. Калинин // Сейсмические приборы. – 2019. – Т. 55. № 4. – С. 17-28.
17. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро и пневмосистем. М: Машиностроение, 1976. – 424с.

© Р. В. Цветков, Г. Н. Гусев, В. В. Епин, А. П. Шестаков

**Ссылка для цитирования:**

Цветков Р. В., Гусев Г. Н., Епин В. В., Шестаков А. П. Численный анализ переходных процессов в гидронивелире с сеточным соединением датчиков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 1 (41). С. 118–123.

УДК 574

DOI 10.52684/2312-3702-2022-40-3-123-128

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ  
И ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ДЕТСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ**

*Т. У. Есмагамбетов, О. М. Шиккульская, И. Т. Богатырев, М. И. Шиккульский*

**Есмагамбетов Тимур Улыкманович**, старший преподаватель кафедры «Цифровая инженерия и IT-аналитика», Карагандинский университет Казпотребсоюза, г. Караганда, Республика Казахстан, тел.: +7(701)514-50-97; e-mail: timur198300@mail.ru;

**Шиккульская Ольга Михайловна**, доктор технических наук, профессор, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: +7(927)559-14-74; e-mail: shikul@mail.ru;

**Богатырев Исса Тагирович**, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: +7(962)640-00-04; e-mail: kafedra.pb@yandex.ru;

**Шиккульский Михаил Игорьевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Прикладная информатика в экономике», Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Российская федерация, тел.: +7(917)171-31-09; e-mail: shikul\_m@mail.ru

Вследствие стихийности и высокой степени неопределенности при протекании пожара ситуация может меняться непредсказуемо. В связи с этим планы приходится оперативно корректировать в процессе тушения, что приводит к дополнительным временным и финансовым затратам. Авторами обоснована необходимость априорной оценки вероятных рисков и целесообразность использования для решения проблемы функционального моделирования. Показана важность априорной оценки рисков тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в детских учреждениях, обусловленная высокой значимостью жизни и здоровья детей и особенностями объекта. Для решения поставленной задачи авторами разработана функциональная модель процессов тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в детских учреждениях, представленная в работе контекстной диаграммой, ее декомпозицией, диаграммами декомпозиции различных процессов и диаграммой дерева узлов. Ее анализ позволил выявить наиболее сложные процессы, требующие особого внимания и дополнительной проработки.

**Ключевые слова:** пожар, аварийно-спасательные работы, детское учреждение, модель, процесс, декомпозиция, диаграмма дерева узлов, контекстная диаграмма.

**MODELING OF FIRE EXTINGUISHING AND EMERGENCY RESCUE OPERATIONS  
IN CHILDREN'S INSTITUTIONS**

*T. U. Yesmagambetov, O. M. Shikulskaya, I. T. Bogatyrev, M. I. Shikulskiy*

**Yesmagambetov Timur Ulykmanovich**, Senior Teacher of the Department "Digital Engineering and IT-Analytics", Karaganda University of Kazpotrebooyuz, Karaganda, Republic of Kazakhstan, phone: +7(701)514-50-97; e-mail: timur198300@mail.ru;

**Shikulskaya Olga Mikhaylovna**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7(927)559-14-74; e-mail: shikul@mail.ru

**Bogatyrev Issa Tagirovich**, Senior Teacher of the Departments of Fire Safety and Water Use, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7(962)640-00-04; e-mail: kafedra.pb@yandex.ru;

**Shikulskiy Mikhail Igorevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics in Economics, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7(917)171-31-09; e-mail: shikul\_m@mail.ru

Due to spontaneity and a high degree of uncertainty during the course of a fire, the situation may change unpredictably. In this regard, plans have to be promptly adjusted during the extinguishing process, which leads to additional time and financial costs. The authors substantiated the need for a priori assessment of probable risks and the feasibility of using functional modeling to solve the problem. The importance of a priori assessment of the risks of extinguishing fires and conducting emergency rescue operations in children's institutions is shown, due to the high significance of the life and health of children and the peculiarities of the facility. To solve this problem, the authors developed a functional model of the processes of extinguishing fires and conducting emergency rescue operations in children's institutions, presented in the work by a contextual diagram, its decomposition, decomposition diagrams of various processes and a diagram of the node tree. Its analysis made it possible to identify the most complex processes that require special attention and additional study.

**Keywords:** fire, emergency rescue operations, children's institution, model, process, decomposition, node tree diagram, contextual diagram.

Несмотря на значительную проработанность планов пожаротушения органами МЧС, вследствие стихийности и значительной степени неопределенности при протекании пожара, ситуация может меняться непредсказуемо. В связи с этим планы приходится оперативно корректировать в процессе тушения. Оперативная корректировка планов в процессе тушения требует дополнительных временных и финансовых затрат. Особенно потеря времени чревата серьезными последствиями, так как время является одним из важнейших факторов, влияющих на успешность операций тушения и проведения аварийно-спасательных работ. С целью профилактики проблемных ситуаций в области пожарной безопасности необходима априорная оценка вероятных рисков [1–10]. Для обеспечения успешности операции необходимо заблаговременно предусмотреть возможные ситуации и подготовиться к ним [11–13], нужна компьютерная поддержка принятия управленческих решений [14–16]. С этой целью целесообразно использовать функциональное моделирование [17–18].

Тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ (АСР) в детских учреждениях имеет свои особенности [19–20], а цена ошибок чрезвычайно высока, поэтому целесообразно априорное моделирование этих процессов, исследование функциональных моделей, выявление узких мест с целью повышения надежности операций.

Здания школ чаще всего строят высотой в три-пять этажей по типовым проектам из негорючих материалов I и II степеней огнестойкости. Однако сейчас еще используется значительное количество зданий III степени огнестойкости с пустотными конструкциями из труднотонящих материалов, иногда используются одноэтажные здания IV, V степеней огнестойкости.

Этажи зданий школ имеют коридорную планировку с вестибюлями. Расположение классов одно- или двухстороннее. В зданиях располагаются спортивные и зрительные залы, а также могут быть мастерские.

Ясли и детские сады строятся одноэтажными, или двухэтажными, имеют I и II степени огнестойкости. Могут использоваться несколько зданий с закрытыми переходами. При планировке этажей помещения детских групп делают изолированными друг от друга. Комнаты для детей младшего возраста и вспомогательные помещения располагаются, как правило, на первом этаже.

В ДУ горючая нагрузка составляет 30–50 кг/м<sup>2</sup>. В некоторых помещениях она значительно превышает эти значения.

Администрация ДУ заблаговременно разрабатывает планы эвакуации детей в случае возможного пожара и периодически отрабатывает действия по ним с обслуживающим персоналом. В пожарных частях (ПЧ), за которыми закреплены ДУ, разрабатывают оперативные карточки, содержащие информацию о планировке и конструктивных особенностях зданий, их расположении, количестве находящихся в них в дневное и ночное время детей, пути эвакуации и другую информацию, необходимую для организации тушения пожаров.

Диаграммы разработанной функциональной модели тушения пожаров и проведение АСР в детских учреждениях представлены на рисунках 1–7.

Контекстная диаграмма (рис. 1) отражает связь системы в целом с внешним миром. Первая декомпозиция контекстной диаграммы показана на рисунке 2.



Рис. 1. Контекстная диаграмма модели тушения пожаров и проведения АСР в детских учреждениях

Следуя на пожар (рис. 3), командир первого пожарного подразделения уточняет возможную обстановку на пожаре по оперативной карточке и вкладышу о наличии детей, а по прибытии (рис. 4) сразу устанавливает связь с обслуживающим персоналом, выясняет о принятых мерах по эвакуации детей и тушению пожаров. Он также должен предотвратить панику.

При пожаре в ДУ вероятны следующие факторы:

- испуг детей, приводящий к неуправляемости ими, – могут спрятаться в труднодоступных местах;
- наличие значительного количества детей ясельного возраста, которые не могут перемещаться самостоятельно.

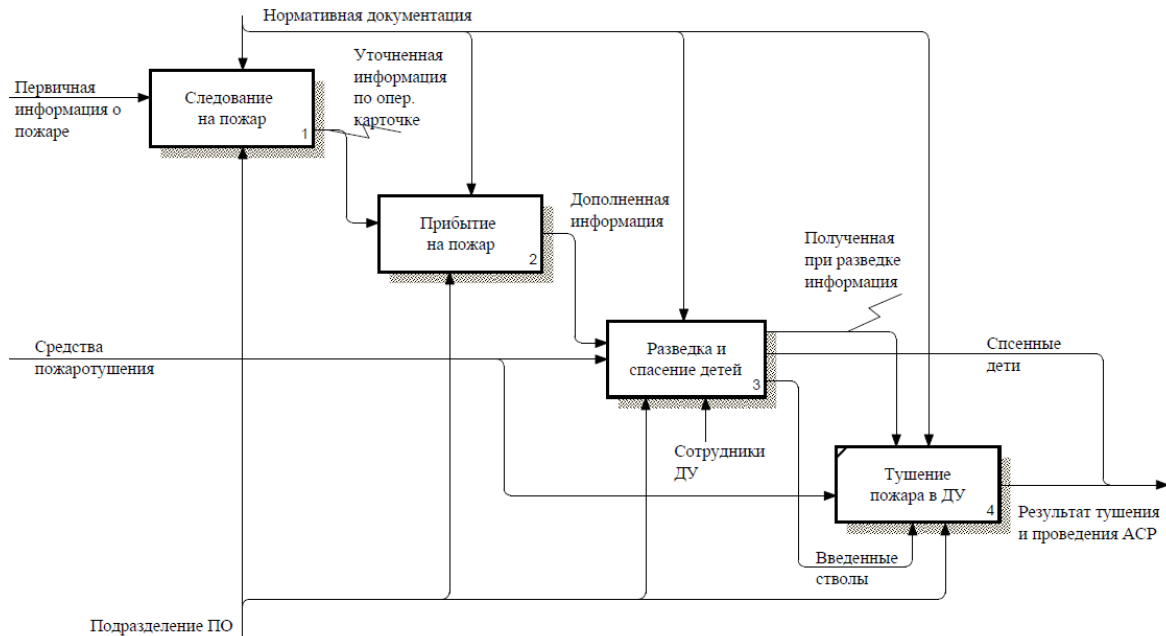


Рис. 2. Первая декомпозиция контекстной диаграммы модели тушения пожаров и проведения АСР в детских учреждениях



Рис. 3. Диаграмма декомпозиции процесса «Следование на пожар»

### Разведка и спасение детей

При разведке пожара (рис. 5) руководитель тушения пожара (РТП) определяет: количество и возраст детей, кратчайшие и безопасные пути

эвакуации, угрозу от опасных факторов пожара; состояние эвакуации детей; количество человек из обслуживающего персонала, которые могут быть использованы для эвакуации.

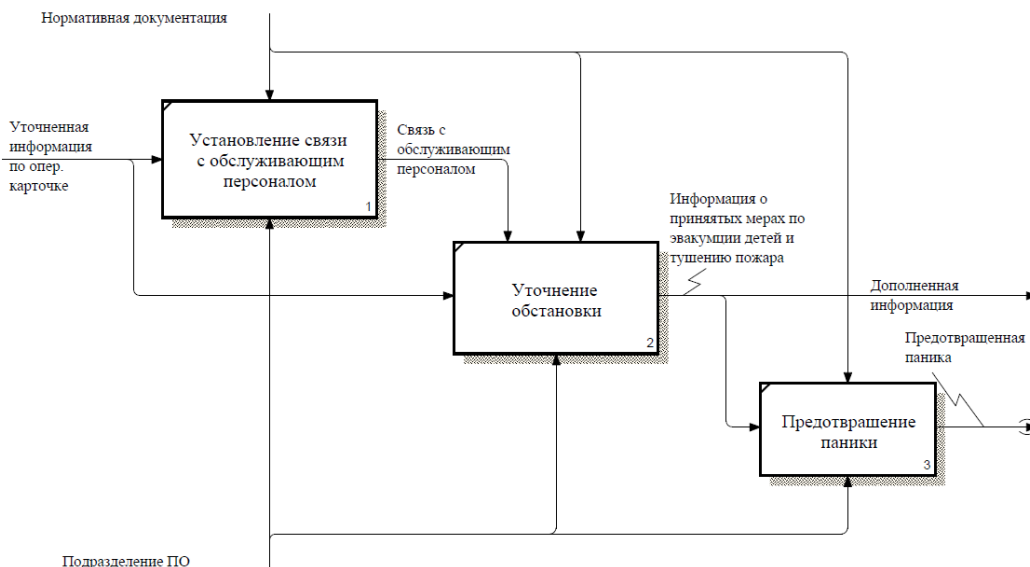


Рис. 4. Диаграмма декомпозиции процесса «Прибытие на пожар»

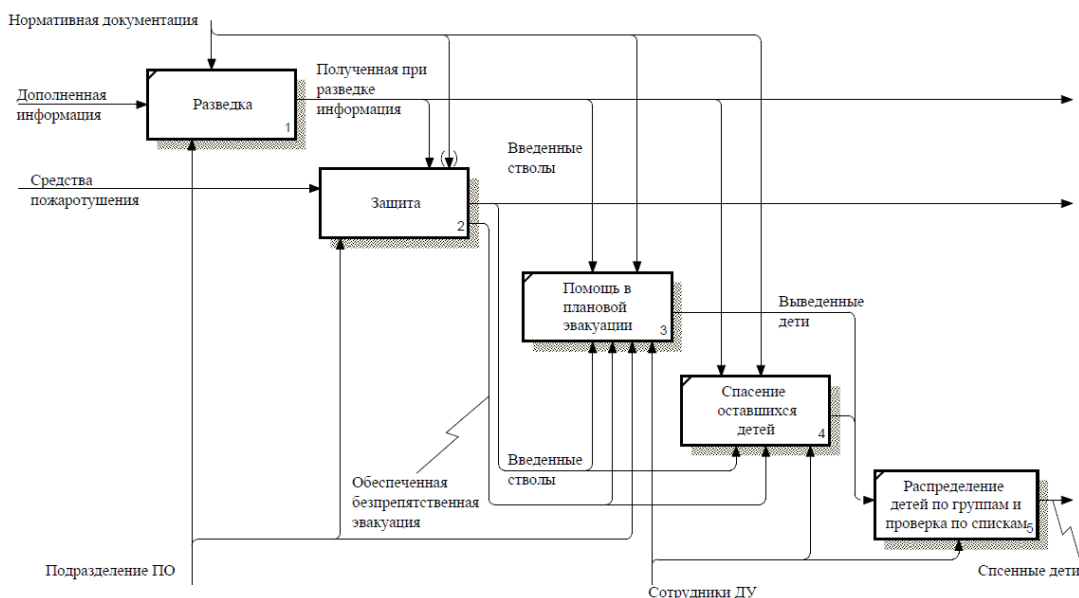


Рис. 5. Диаграмма декомпозиции процесса «Разведка и спасение детей»

В процессе разведки пожара РТП проверяет состояние путей эвакуации и при необходимости их защиты вводит стволы от внутренних пожарных кранов и автоцистерны. Особое внимание уделяется удалению дыма путем вскрытия окон. Двери из задымленных помещений в комнаты с людьми необходимо плотно закрыть.

Эвакуация осуществляется по заблаговременно разработанным планам эвакуации. В случае пожаров, эвакуацию детей в школах осуществляют педагоги, а в дошкольных учреждениях – воспитатели и няни групп. По прибытии на пожар руководитель тушения пожара обязан немедленно оказать помощь сотрудникам ДУ в эвакуации детей, в первую очередь младшего возраста (рис. 6). При эвакуации детей в основном используются лестничные клетки и стацио-

нарные пожарные лестницы, иногда – незадымленные помещения в противоположной части здания. Из горящих и заблокированных опасными факторами пожара помещений пожарные спасают детей через окна и балконы по пожарным лестницам с помощью спасательных рукавов и спасательных веревок. Детей дошкольного возраста и учеников младших классов пожарные выносят на руках или, передавая их из рук в руки.

После эвакуации все дети должны быть распределены по группам или классам, проверены по спискам и размещены в ближайших теплых помещениях, указанных в оперативных карточках и планах эвакуации.

При пожарах в ДУ РТП должен проверить, не остались ли дети в задымленных помещениях. Следует проверять, нет ли детей в труднодоступных местах.

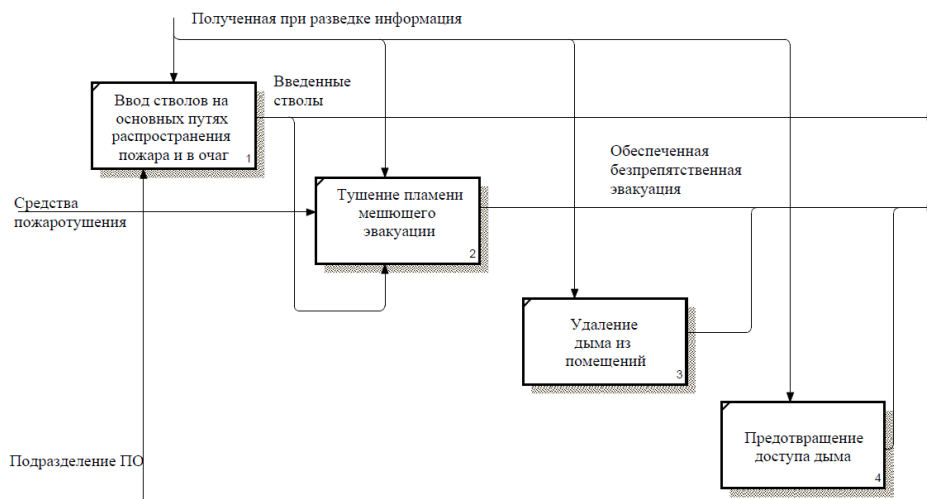


Рис. 6. Диаграмма декомпозиции процесса «Защита»

### Тушение пожаров в детских учреждениях

Одновременно с организацией эвакуации детей РТП обеспечивает ввод стволов в очаг пожара и на путях распространения огня. Для тушения пожара в ДУ используют воду, водные растворы смачивателей и воздушно-механическую пену средней кратности. Вода, как правило, подается с помощью стволов РС-50 и РС-50, а при развившихся во вспомогательных помещениях пожаров – стволов РС-70. При тушении пожаров в лабораториях и подсобных помещениях ДУ целесообразно использовать воздушно-механическую пену средней кратности.

Особенно сложная обстановка создается при проведении массовых мероприятий в ДУ.

При организации тушения пожара необходимо:

- установить связь с обслуживающим персоналом учреждения;
- выяснить, какие приняты персоналом меры по эвакуации детей;

- назначить ответственного из обслуживающего персонала учреждения, за учет эвакуируемых детей;

- уточнить возраст и количество детей, вероятные места их нахождения;

- организовать совместно с обслуживающим персоналом эвакуацию детей, обеспечив защиту путей эвакуации;

- определить места сбора эвакуированных детей;

- тщательно проверить наличие детей в комнатах, шкафах, на кроватях и под кроватями, за мебелью и занавесками;

- потребовать от руководителей ДУ проверки наличия детей после эвакуации.

Диаграмма дерева узлов (рис. 7) отражает иерархию всех процессов без указания взаимосвязи между ними.

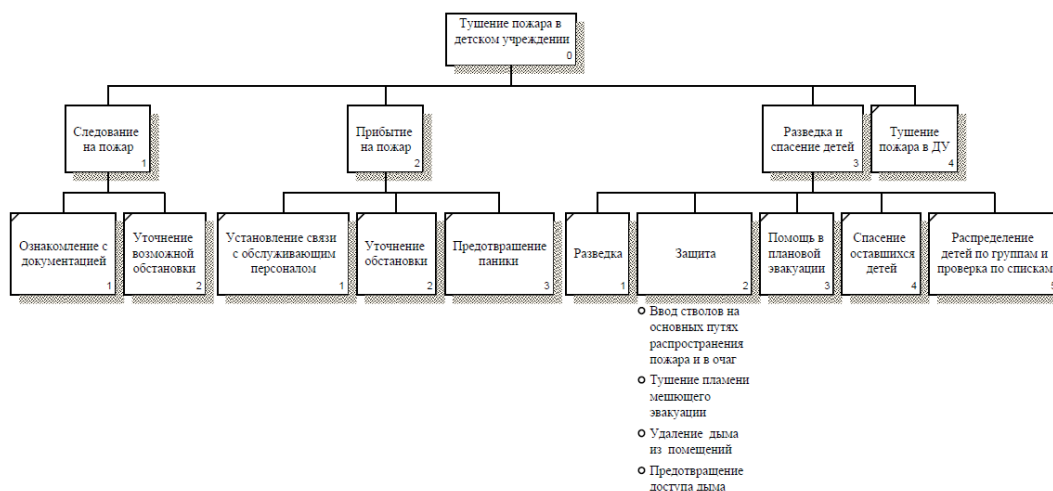


Рис. 7. Диаграмма дерева узлов модели тушения пожаров и проведение АСР в детских учреждениях

### Заключение

Функциональная модель была досконально проанализирована, выявлены процессы, требующие особого внимания. Проверка готовности к проведению операций пожаротушения и ава-

рийно-спасательных работ в дошкольном учреждении должна планомерно заблаговременно производиться, а обеспечению именно этих наиболее сложных процессов должно уделяться особое внимание.

**Список литературы**

1. Вилисов, В.Я. Моделирование уровня риска решений, принимаемых при управлении ликвидацией пожаров / В.Я. Вилисов // Пожаровзрывобезопасность. - 2019. - Т.28. - № 3. - с. 36-49 - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38242992>
2. Ершов А. В., Коробко В. Б., Железниченко И. М., Кияткина Е. Н., Воропаев И. О. Профилактика проблемных ситуаций в области пожарной безопасности // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 2 (36). С. 80–87.
3. Ершов А. В., Коробко В. Б., Шиккульская О. М., Кияткина Е. Н., Воропаев И. О. О методических подходах к управлению пожарными рисками // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 1 (39). С. 129–133.
4. Коробко, В.Б. О применении требований по организации подразделений пожарной охраны / В.Б. Коробко, А.Н. Барбосов, М.В. Коробко // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 4(68). – С. 70-76.
5. Коробко, В.Б. О динамике нормирования противопожарной службы [Электронный ресурс] / В.Б. Коробко, А.Н. Барбосов, М.В. Коробко // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2015. – вып. № 6 (64). – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>
6. Dombroski, M., Fischhoff, B., Fischbeck, P., Predicting emergency evacuation and sheltering behavior: a structured analytical approach. Risk Anal.: Off. Publ. Soc. Risk Anal.26, 2006, pp. 1675-1688.
7. Feng Nan. Assessment Methods Analysis of Models Reliability of Emergency Response in Emergency Situations / Feng Nan, Olga Shikulskaya, Timur Esmagamбетov, Tian-jiao Song, Li Zhang1 and Wen-Xin Zhu. // 2017 International Conference on Energy, Power and Environmental Engineering (ICEPEE 2017). April 23-24, 2017, Shanghai, China. pp 36-39. ISBN: 978-1-60595-456-1
8. Flaus, J.-M., A modelling framework for model based risk analysis. In: ESREL. Troyes, France, 2011, pp. 1533-1540
9. Girard, C., David, P., Piatyszek, E., Flaus, J.-M. Emergency response plan: Model-based assessment with multi-state degradation / Safety Science 85, 2016, pp. 230-240
10. Karagiannis, G.M., Piatyszek, E., Flaus, J.M., Model-driven and risk-based performance analysis of industrial emergency plans. J. Conting. Crisis Manage. 21, 2013, pp. 96-114.
11. Есмагамбетов Т. У., Шиккульская О. М. Моделирование системы управления процессами экстренного реагирования при ЧС и пожарах // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 4 (38). С. 123–129.
12. Есмагамбетов Т. У., Шиккульская О. М. Модель оценки эффективности решения задач управления процессами экстренного реагирования как системы с многими состояниями // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 3 (29). С. 108–114
13. Т. У. Есмагамбетов, О. М. Шиккульская. Моделирование трехуровневой системы управления процессами экстренного реагирования // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 118–124.
14. С. А. Соболев, А. В. Погожев, И. Т. Богатырев, А. М. Капизова. Поддержка принятия управленческих решений при тушении пожаров на особо охраняемых природных территориях (на примере Астраханской области) // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 1 (31). С. 84–87.
15. Е. А. Жидко, А. Б. Власов. Адаптивное управление информационным ресурсом в системе связи критически важного объекта // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 3 (33). С. 74–78.
16. Есмагамбетов Т. У., Шиккульская М. И., Шиккульская О. М. Система информационно-аналитической поддержки управления процессами экстренного реагирования на ЧС и пожары / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 4 (38). С. 73–79.
17. Есмагамбетов, Т. У. Модель бизнес-процессов экстренного реагирования при пожарах в зданиях жилого сектора / Т. У. Есмагамбетов, Е. В. Костина, В. В. Самсонов, О. М. Шиккульская // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. № 1 (27). С. 97–105.
18. Шиккульская О. М., Богатырев И. Т., Попов Г. Н., Самсонов В. В. Функциональное моделирование и планирование процессов тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ при аварийной посадке воздушного судна // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 1 (39). С. 170–175.
19. Учебник «Пожарная тактика» // Тушение пожаров в школах и детских учреждениях, разведка и спасение детей, тушение пожаров в детских учреждениях. Стр. 166-167.
20. Нестеров, О.Л. // Нестеров О.Л. Особенности тушения пожаров в школах и детских учреждениях // Охрана труда и пожарная безопасность в учреждениях образования. № 5, 2015. URL: [http://xn-----5cdabpnn3clplkte7at4a7e.xn--p1ai/publ/vse/osobennosti\\_tushenija\\_pozharov\\_v\\_shkolakh\\_i\\_detskikh\\_uchrezhdenijakh/1-1-0-305](http://xn-----5cdabpnn3clplkte7at4a7e.xn--p1ai/publ/vse/osobennosti_tushenija_pozharov_v_shkolakh_i_detskikh_uchrezhdenijakh/1-1-0-305)

© Т. У. Есмагамбетов, О. М. Шиккульская, И. Т. Богатырев, М. И. Шиккульский

**Ссылка для цитирования:**

Есмагамбетов Т. У., Шиккульская О. М., Богатырев И. Т., Шиккульский М. И. Моделирование процессов тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в детских учреждениях // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 3 (41). С. 123–128.