

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА И ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ АВАРИЙНОЙ ПОСАДКЕ ВОЗДУШНОГО СУДНА

*О. М. Шикунская, И. Т. Богатырев, Г. Н. Попов, В. В. Самсонов*

**Шикунская Ольга Михайловна**, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, e-mail: shikul@ntail.ru;

**Богатырев Исса Тагирович**, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация;

**Попов Геннадий Николаевич**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация;

**Самсонов Виктор Викторович**, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация

В работе обоснована целесообразность функционального моделирования процессов тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ при аварийной посадке воздушного судна, разработана модель этих процессов, представленная в работе шестью диаграммами: диаграммой дерева узлов, контекстной диаграммой и диаграммами декомпозиции контекстной диаграммы и отдельных процессов. Такой подход позволил более тщательно разработать план тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ при аварийной посадке воздушного судна, представленный схемой проведения спасательной операции из помещений воздушного судна. Выполнены все необходимые расчеты, разработан план действий руководителя тушения пожара. Такой подход позволяет лучше подготовиться к возможному пожару и за счет этого значительно сократить жертвы и финансовые потери.

**Ключевые слова:** пожар, воздушное судно, модель, процесс, декомпозиция, диаграмма дерева узлов, контекстная диаграмма.

## FUNCTIONAL MODELING AND PLANNING OF FIRE EXTINGUISHING AND EMERGENCY RESCUE OPERATIONS DURING AIRCRAFT EMERGENCY LANDING

*O. M. Shikulskaya, I. T. Bogatyrev, G. N. Popov, V. V. Samsonov*

**Shikulskaya Olga Mikhailovna**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Fire Safety and Water Management, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, e-mail: shikul@ntail.ru;

**Bogatyrev Issa Tagirovich**, Senior Lecturer, Department of Fire Safety and Water Use, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation;

**Popov Gennady Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Fire Safety and Water Use, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation;

**Samsonov Viktor Viktorovich**, Senior Lecturer, Department of Fire Safety and Water Management, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation

The work justified the feasibility of functional modeling of fire extinguishing processes and emergency rescue operations during an emergency landing of an aircraft, developed a model of these processes, represented in the work by six diagrams: a node tree diagram, a context diagram and decomposition diagrams of a context diagram and individual processes. This approach made it possible to develop more carefully a plan for extinguishing fire and carrying out emergency rescue operations during an emergency landing of an aircraft, presented by two schemes for the arrangement of forces and means. All necessary calculations were completed, an action plan of the fire extinguishing manager was developed. This approach makes it possible to better prepare for a possible fire and thereby significantly reduce casualties and financial losses.

**Keywords:** fire, aircraft, model, process, decomposition, node tree diagram, contextual diagram.

Тушение пожара на воздушном судне само по себе представляет достаточно сложную задачу и имеет целый ряд особенностей, что требует высокой оперативной-тактической подготовки начальствующего состава ППС и, в первую очередь, лиц, являющихся руководителями тушения

пожара и определённого уровня профессиональной подготовки, выучки, отработанной слаженности действий личного состава подразделений пожарной охраны.

Кроме того, пожар является источником загрязнения окружающей среды. Экологическая

опасность пожаров обусловлена изменением параметров окружающей среды, в частности, температуры, химического состава почвы, воды, воздуха и других параметров. Наряду с вредными и токсичными продуктами горения загрязнение может быть вызвано разливом топлива, масел, а также используемыми в пожаротушении огнетушащими веществами. Поверхностно-активные вещества, применяемые в пожарной охране как пенообразователи и смачиватели, также приносят большой вред окружающей среде. Попадая в почву и водоемы, они препятствуют поступлению кислорода. Многие ПАВ плохо разлагаются.

Экономический ущерб от пожара на воздушном судне, учитывая стоимость самого самолёта, задержки рейсов других самолётов, выплаты компенсаций авиаперевозчикам и пассажирам, работы по расчистке и восстановлению взлётно-посадочной полосы очень велик, в сочетании с материальными затратами на тушение просто огромен.

Этим обусловлена необходимость тщательной проработки планов тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ при аварийной посадке воздушного судна. Процессы развития пожара характеризуется динамичностью, высокой степенью неопределенности. Поэтому необходим глубокий всесторонний анализ возможного развития событий при пожаре. Для поиска узких мест в алгоритмах профессиональных действий целесообразно применять функциональное моделирование процессов с использованием CASE-средств [1–12].

Авторами разработана функциональная модель процессов тушения пожара и проведения

аварийно-спасательных работ при аварийной посадке воздушного судна, а затем на ее основе план операций.

Суть функционального моделирования заключается в рассмотрении системы и всех ее процессов с использованием декомпозиции диаграмм с целью постепенного их уточнения. Диаграмма дерева узлов представляет собой вертикальный разрез модели, а контекстная диаграмма всей системы (первая) и диаграммы декомпозиции – горизонтальные.

Разработанная функциональная модель процессов тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ при аварийной посадке воздушного судна представлена совокупностью диаграмм (рис. 1–6).

На основе анализа этой модели разработан план тушения пожара на взлетно-посадочной полосе (локализация пожара) и проведения спасательной операции из помещений воздушного судна.

Важнейшей задачей для подразделений пожарной охраны является спасение людей. Если сил и средств для одновременного спасения и тушения пожара недостаточно, то стволы на тушение пожара не вводятся или ограничиваются, а все имеющиеся силы и средства направляются на спасение людей.

Пассажиры, не получившие травмы, самостоятельно смогут покинуть самолёт. Экипаж воздушного судна, действуя в соответствии с аварийным расписанием при посадке на сушу, открывает выходы с той стороны самолёта, где нет пожара разлитого топлива.



Рис. 1. Диаграмма дерева узлов функциональной модели процессов тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ при аварийной посадке воздушного судна

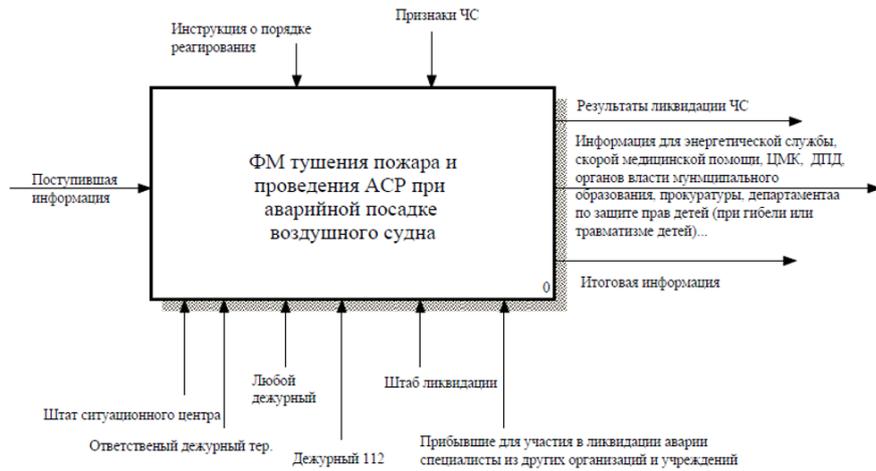


Рис. 2. Контекстная диаграмма функциональной модели процессов тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ при аварийной посадке воздушного судна

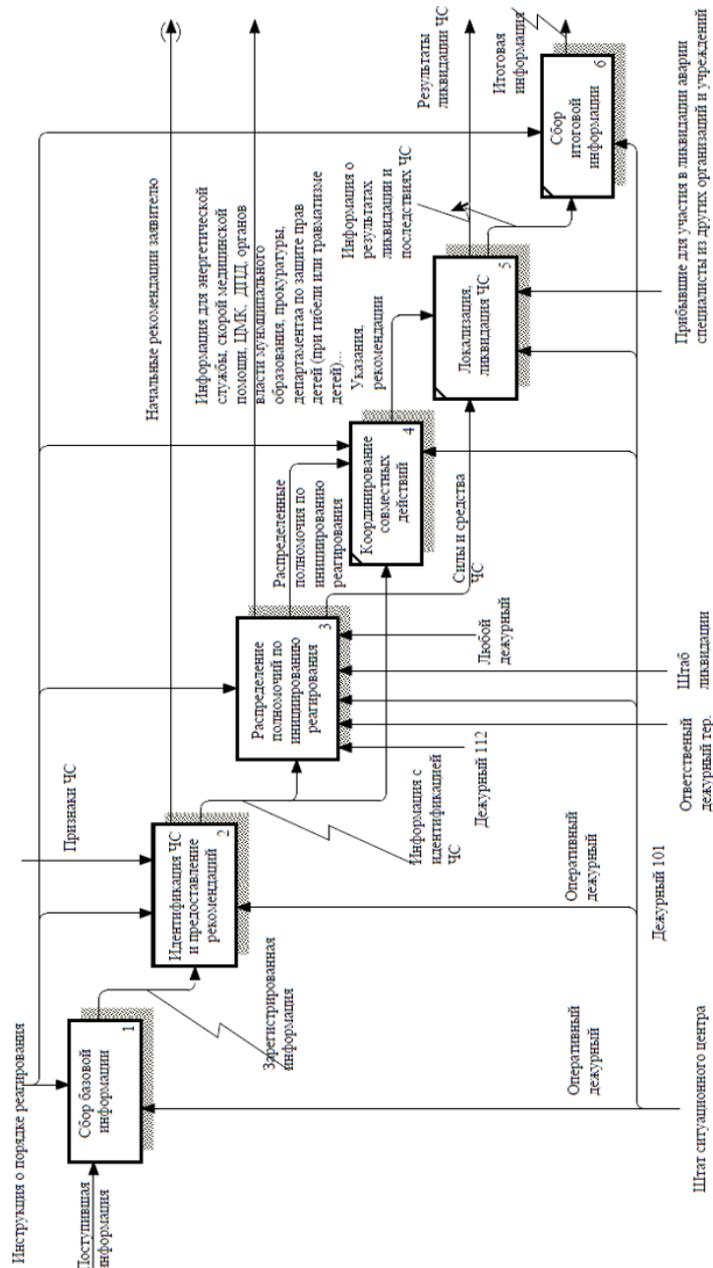


Рис. 3. Первая декомпозиция контекстной диаграммы

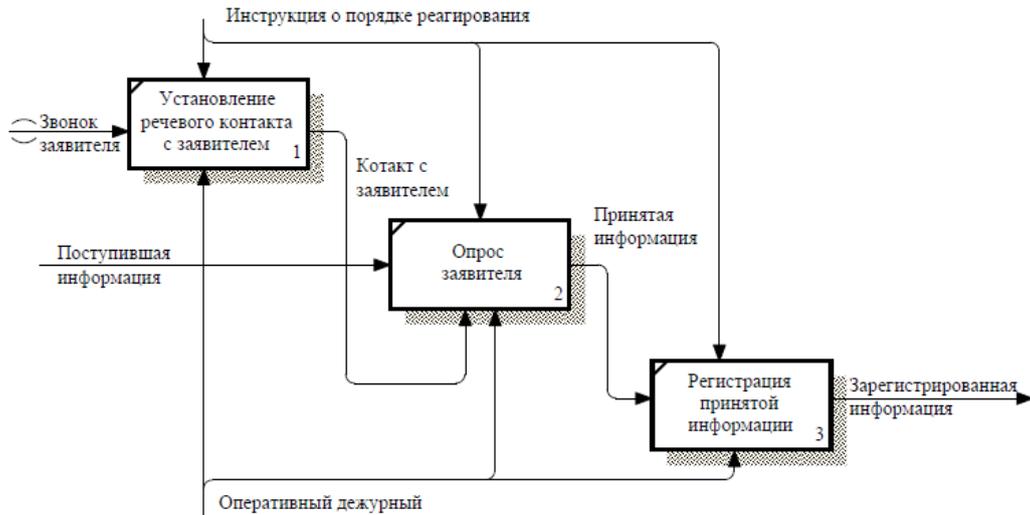


Рис. 4. Диаграмма Сбора базовой информации

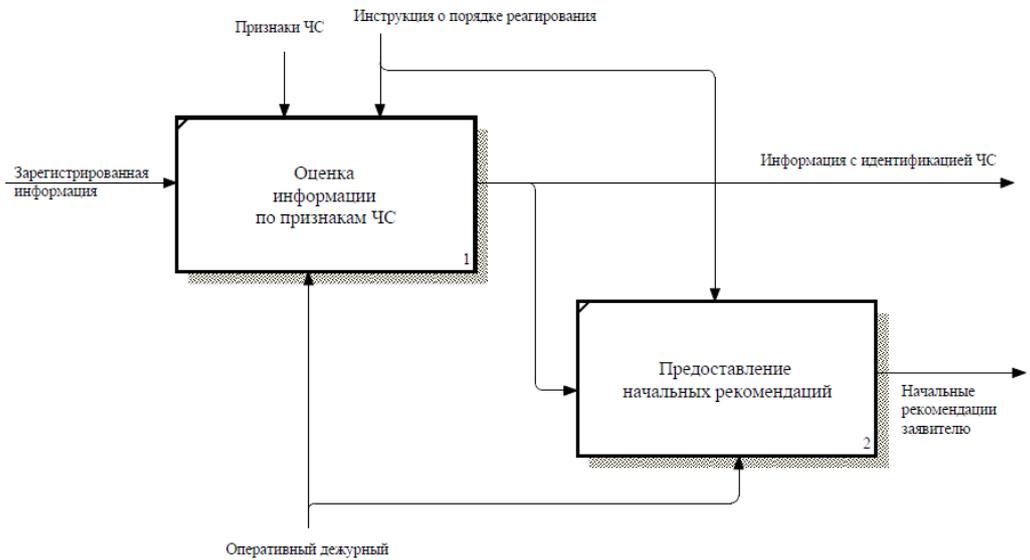


Рис. 5. Первая декомпозиция контекстной диаграммы

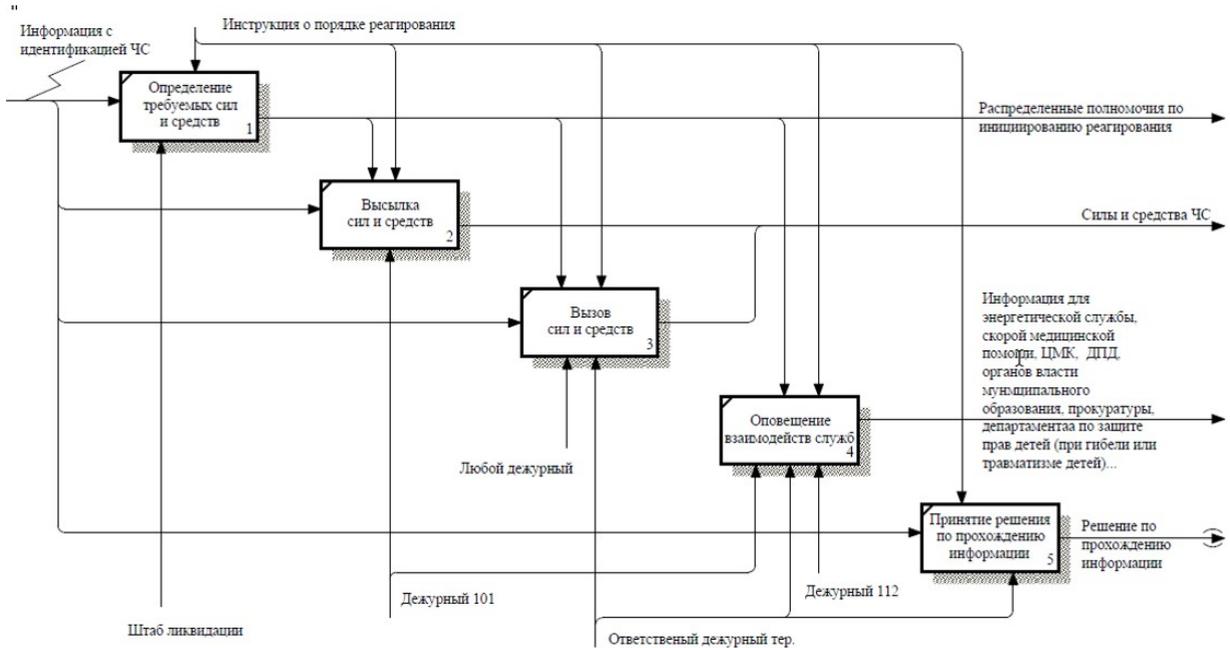


Рис. 6. Первая декомпозиция контекстной диаграммы

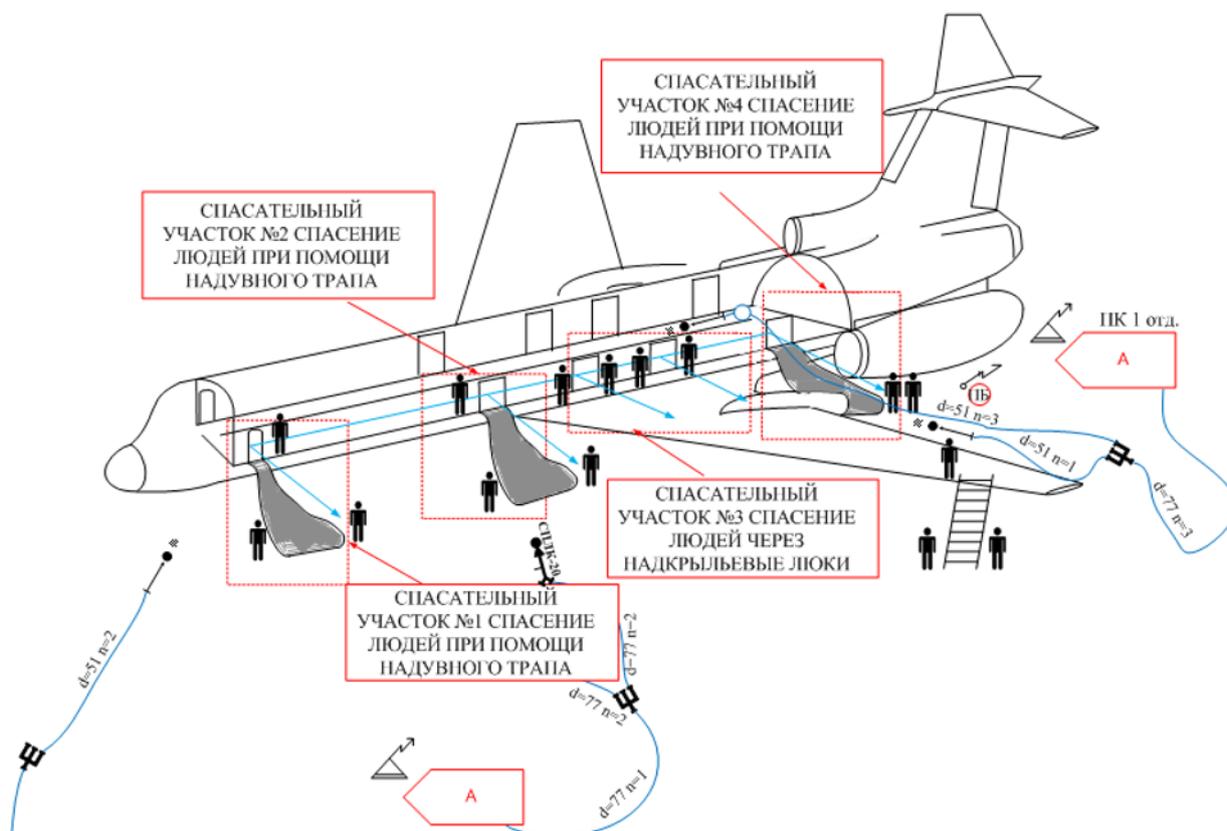


Рис. 7. Схема проведения спасательной операции из помещений воздушного судна

На рисунке 7 представлена схема расстановки спасателей при эвакуации пассажиров с борта воздушного судна на землю для самолёта ТУ-154, имеющего надкрыльевые люки и аварийные надувные трапы.

Данная схема предусматривает непрерывное движение потока спасаемых по путям эвакуации.

Принимаем, что после эвакуации экипажем воздушного судна, 8 человек не смогли самостоятельно покинуть воздушное судно и нуждаются в помощи.

Определяем местонахождение людей, нуждающихся в помощи:

- два человека – в носовой части воздушного судна;
- два – в центральной части воздушного судна;
- два человека – в центральной части воздушного судна;
- два – в хвостовой части воздушного судна.

Их эвакуацию из воздушного судна будут проводить члены экипажа и спасатели через выходы левого борта с использованием средств бортового аварийно-спасательного оборудования.

Время, отпущенное на эвакуацию людей из аварийного воздушного судна, ограничено. Оно должно быть использовано до наступления опас-

ных факторов пожара. Исследования авиационных пожаров и опыт проведённых аварийно-спасательных работ показывают, что критическое время для самочувствия людей наступает через 90–120 сек (1,5–2 мин) после начала пожара. Международные стандарты устанавливают нормативное время эвакуации через половину выходов на любом типе воздушного судна составляет 90 сек (1,5 мин).

Был выполнен расчет сил и средств при тушении разлитого топлива под фюзеляжем воздушного судна типа ТУ-154, включающий определение требуемого количества аэродромных пожарных автомобилей для нанесения пенной полосы на взлетно-посадочной полосе, критической площади пожара при разливе топлива, площадей пожара на первой, второй и третьей минутах, требуемый расход раствора пенообразователя, необходимое количество стволов на тушение пожара, количество пожарных личного состава, количество подразделений и другие необходимые расчеты. Разработан план действий РТП.

Разработанная модель позволила более тщательно разработать план тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ при аварийной посадке воздушного судна, лучше подготовиться к возможному пожару и за счет этого значительно сократить жертвы и потери.

**Список литературы**

1. Пупков К.А. Концептуальные понятия при изучении и постановке научных исследований по моделированию процессов управления в системах [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.А. Пупков, Т.Г. Крыжановская. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 88 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31031.html>
2. Есмагамбетов Т.У., Шиккульская О.М. Анализ надежности плана эвакуации населения при чрезвычайной ситуации как системы с множеством состояний на основе построения дерева ошибок. Успехи современной науки 2016, №8, Том 4, с. 68-72, ISSN 2412-6608
3. Ямалов И.У., Ильясов Б.Г., Бежаева О.Я. Интеллектуальное управление в чрезвычайных ситуациях // Компьютерные науки и информационные технологии: Тр. Междунар. конф. Уфа: УГАТУ, 2003. с. 234237.
4. Ямалов И.У., Ильясов Б.Г., Бежаева О.Я. Системы поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях // Системный анализ в проектировании и управлении: Тр. Междунар. конф. СПб.: СПб ГПУ, 2002, с. 142-144.
5. сложными объектами в критических ситуациях на основе инженерных знаний // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Уфа, 2004 г.
6. Urzabakhtina L.B., Babkova T.O. Estimation of Information Safety by Petri-Net Model // Computer Science and Information Technologies CSIT- 2001: Proc. of the 3rd Int. Workshop-Ufa, 2001.-Vol. 3, P.213
7. Chang, F.-S., Wu, J.-S., Lee, C.-N., Shen, H.-C., 2014. Greedy-search-based multi- objective genetic algorithm for emergency logistics scheduling. Exp. Syst. Appl. 41, 2947-2956
8. Flaus, J.-M., 2011. A modelling framework for model based risk analysis. In: ESREL. Troyes, France, pp. 1533-1540.
9. Feng Nan, Olga Shikulskaya, Timur Esmagambetov, Tian-jiao Song, Li Zhang1 and Wen-Xin Zhu. Assessment Methods Analysis of Models Reliability of Emergency Response in Emergency Situations // 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
10. Olga Shikulskaya, Timur Esmagambetov. Business Processes Modelling of the Karaganda Crisis Center Activity. American Journal of Operations Management and Information Systems. Vol. 2, No. 1, 2017, pp. 15-20. doi: 10.11648/j.ajomis.20170201.13
11. Есмагамбетов Т.У., Шиккульская О.М. Информационно-аналитическая поддержка деятельности ситуационного центра МЧС / Современные наукоемкие технологии. 2016. № 3-1. С. 18-23
12. Есмагамбетов Т.У., Шиккульский М.И., Шиккульская О.М. Реинжиниринг бизнес-процессов оперативной деятельности Карагандинского кризисного центра / Фундаментальные исследования. 2016. № 4-3. С. 490-494

© О. М. Шиккульская, И. Т. Богатырев, Г. Н. Попов, В. В. Самсонов

**Ссылка для цитирования**

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.