

Информационные ресурсы поддержки управления безопасностью работ в непригодной для дыхания среде

© Б. Б. Гринченко^{1✉}, Н. Г. Топольский², Д. В. Тараканов¹

¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33)

² Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

РЕЗЮМЕ

Введение. Современное информационное обеспечение пожарных, выполняющих работы в непригодной для дыхания среде (НДС), и техническое оснащение средствами мониторинга контроля параметров безопасности при работе газодымозащитников позволяют разработать автоматизированную информационно-управляющую систему, математической основой которой является стохастический подход. Разработана модульная структура вероятностной модели управления с описанием каждого модуля. Специфика и многообразие работ, выполняемых в непригодной для дыхания среде, требуют формирования базы данных, в которой в рамках объектно-ориентированного подхода будет осуществляться синтез информационных ресурсов поддержки управления. Представлен метод формирования информационных ресурсов, а также структура интерфейса базы данных.

Формальная постановка задачи и метод решения. Формально задача поддержки управления безопасностью при работах в непригодной для дыхания среде сводится к формированию базы данных информационных ресурсов параметров безопасности газодымозащитников, представленных как в детерминированной, так и в вероятностной постановке. Для решения данной задачи сформирована модульная структура вероятностной модели управления, где каждый модуль на различных этапах работ выполняет определенные функции. Синтез информационных ресурсов основан на мониторинге показателей безопасности работы газодымозащитников. Получаемые при этом данные поступают в аналитический блок, в котором происходит сопоставление обработанных ресурсов с запланированными показателями.

Выводы. Разработанные информационные ресурсы поддержки управления безопасностью работ в непригодной для дыхания среде построены на теоретических основах управления рисками реализации деструктивного события, состоящего в нехватке дыхательных ресурсов в баллоне дыхательного аппарата. Информационные ресурсы поддержки управления безопасностью позволяют использовать в качестве исходных данных как сохраненные результаты мониторинга показателей безопасности, так и результаты, полученные в режиме реального времени при выполнении работ в НДС от телеметрических систем. Достоинством информационных ресурсов является возможность получения, сохранения и цифровой обработки данных, принадлежащих определенному виду работ, что в дальнейшем позволит синтезировать большой объем данных в единую информационно-управляющую систему безопасной работы газодымозащитников.

Ключевые слова: пожар; управление безопасностью пожарных; деструктивные события; анализ рисков; вероятностная модель.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (№ 12589 ГУ/2017).

Для цитирования: Гринченко Б. Б., Топольский Н. Г., Тараканов Д. В. Информационные ресурсы поддержки управления безопасностью работ в непригодной для дыхания среде // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. — 2019. — Т. 28, № 5. — С. 51–58. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.05.51-58.

✉ Борис Борисович Гринченко, e-mail: grinchenko.borya@mail.ru

Information resources to support safety management of work in unsuitable for breathing environment

© Boris B. Grinchenko^{1✉}, Nikolay G. Topolskiy², Denis V. Tarakanov¹

¹ Ivanovo Fire Rescue Academy of State Fire Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation)

² State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

ABSTRACT

Introduction. Modern information support for firefighters performing work in unsuitable for breathing environment and technical equipment monitoring means controls the safety parameters of gas and smoke protection makes

it possible to develop an automated information and control system, the mathematical basis of which is the stochastic approach. The modular structure of the probabilistic management model with the description of each module is developed. The specificity and diversity of work performed in unsuitable for breathing environment requires the formation of a database in which the management information resources will be synthesized within an object-oriented approach. The method of formation of information resources is presented, as well as the structure of the database interface is presented.

Formal task description and solution method. Formally, the task of supporting safety management during work in unsuitable for breathing environment is reduced to the formation of a database of information resources of the safety parameters of gas and smoke protection, presented in both deterministic and probabilistic formulation. To solve this problem, a modular structure of the safety management model is formed, where each module performs certain functions at different stages of work. The synthesis of information resources is based on the monitoring of gas and smoke protection safety indicators, the data from which are received in the analytical unit, which compares the processed resources with the planned indicators.

Conclusions. The developed information resources to support the safety management of work in unsuitable for breathing environment is based on the theoretical foundations of risk management for the implementation of a destructive event consisting in the lack of respiratory resources in the cylinder of breathing apparatus. The information resources of safety management support make it possible to use as source data both stored results of monitoring of safety indicators and those obtained in real time when working in unsuitable for breathing environment from telemetry systems. The advantage of information resources is the possibility of obtaining, storing and digital processing of data belonging to a certain type of work, which will further allow synthesizing a large amount of data into a single information management system for the safe operation of gas and smoke protection.

Keywords: fire; fire fighters safety management; destructive events; risk analysis; probabilistic model.

The work was supported by the Fund for assistance to the development of small enterprises in the scientific and technical field (No. 12589 GU/2017).

For citation: Boris B. Grinchenko, Nikolay G. Topolskiy, Denis V. Tarakanov. Information resources to support safety management of work in unsuitable for breathing environment. *Pozharovzryvbezopasnost/Fire and Explosion Safety*, 2019, vol. 28, no. 5, pp. 51–58 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2019.28.05.51-58.

✉ Boris Borisovich Grinchenko, e-mail: grinchenko.borya@mail.ru

Введение

Безопасность пожарно-спасательных подразделений на пожарах и в других чрезвычайных ситуациях (ЧС) обеспечивается техническими решениями — использованием средств защиты от опасных факторов пожара (ОФП) и мониторингом параметров работ, проводимых в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД). Предусмотренные способы системы защиты должны предотвращать воздействие на пожарных ОФП, значения которых выше критических. Все эти факторы приводят к дестабилизации системы управления в постоянно меняющейся обстановке, поэтому управление безопасностью работ, проводимых в условиях непригодной для дыхания среды (НДС), требует новых решений с учетом формирования новых информационных ресурсов, получаемых от систем мониторинга параметров средств защиты [1–3].

При ведении работ в НДС участники тушения пожара ограничены временными ресурсами. Данное ограничение напрямую связано с временем защитного действия СИЗОД (ГОСТ Р 53255–2009), а критерием управления безопасностью в данном случае является количественная оценка допустимого времени пребывания и выполнения работ в непригодной для дыхания среде. В положениях [4] при управлении безопасностью используются детерминированные процедуры, которые основаны на качественном анализе критериев [4–6]. Однако в современных условиях методологическая основа управления

безопасностью нуждается в совершенствовании по причине внедрения в практику борьбы с пожарами современных телеметрических систем мониторинга параметров безопасности работ, проводимых участниками тушения пожара, и перехода от качественного анализа цифровых данных к количественному. Метрологическая структура данных, получаемых от телеметрических систем, имеет вероятностную природу, а применение детерминированных методов при цифровой обработке данных не во всех случаях обеспечивает адекватный результат при управлении [7, 8].

Таким образом, целью настоящей работы является синтез информационных ресурсов для поддержки управления безопасностью при работах в непригодной для дыхания среде на основе общих теоретических положений управления рисками.

Анализ теоретической модели поддержки управления безопасностью при работах в непригодной для дыхания среде

Анализ непрерывных случайных величин [7–11] с учетом методологических основ позволил разработать модель управления безопасностью для участников тушения пожаров, которая в свою очередь обеспечивает контроль условий безопасной работы их в НДС на основе сопоставления реальных (текущих) и плановых значений риска наступления деструктивного события, связанного с нехваткой запасов дыхательных ресурсов. В теории управления

рисками эта модель получила широкое развитие как в отечественных [11–13], так и в зарубежных [14–21] работах. Практическая реализация предложенной модели в информационной системе поддержки управления позволит обеспечить выполнение современных требований к управлению силами и средствами пожарно-спасательных подразделений в части реализации цифровой обработки данных, получаемых от дистанционных систем мониторинга уровня безопасности для участников тушения пожара, ведущих работы в НДС. Основным достоинством предложенной информационной системы является возможность варьирования интервальными значениями критериев безопасности, что позволяет использовать их плановые и фактические характеристики и осуществлять управление как в режиме реального времени, так и на стадии планирования.

Для определения значений риска $Q(S)$ и $Q_i(S)$ выполняется расчет обобщенного показателя Z_i двух случайных величин с параметрами $\langle T_i, D_i \rangle$ и $\langle T_{3i}, D_{3i} \rangle$ по формуле

$$Z_i = \frac{T_{3i} - T_i}{\sqrt{D_{3i} + D_i}}, \quad (1)$$

где $\langle T_i, D_i \rangle$ — среднее время работы, выполняемой в НДС, и его дисперсия;

$\langle T_{3i}, D_{3i} \rangle$ — среднее время защитного действия СИЗОД и дисперсия этого времени.

Величина риска $Q_i(S)$ для случая, когда $Q \in [0,01; 0,05]$, будет определяться экспоненциальным приближением:

$$Q_i(S) = a \exp(-bZ_i^n), \quad (2)$$

где a, b, n — константы модели;

$\langle a = 0,5; b = 1,2; n = 1,25 \rangle$.

Величина риска $Q(S)$ для комплекса работ R рассчитывается по формуле

$$Q(S) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Q_i(S)). \quad (3)$$

Общая структура вероятностной модели управления риском реализации события S при выполнении комплекса работ R в НДС представлена на рис. 1.

Методы проектирования и практической реализации автоматизированных систем для решения задач предусматривают применение декомпозиционного подхода, позволяющего представить структуру системы в виде совокупности подсистем — модулей. Исходя из специфики задач, стоящих перед автоматизированной системой, можно определить три основных модуля: информационный модуль контролируемыми ресурсами газодымозащитников; модуль структурирования и цифровой обработки информационных ресурсов; аналитический модуль уровня риска наступления деструктивного события S . Информационный модуль включает в себя средства сбора данных о текущих (реальных) значениях дыхательных ресурсов газодымозащитников в баллоне дыхательного аппарата (ДА). Синтез информационных ресурсов позволяет хранить, накапливать и обобщать поступающие данные, а также использовать их как в совокупности, так и в виде фрагментов при анализе риска наступления деструктивного события в рамках объектно-ориентированного подхода. В свою очередь, аналитический модуль оценки уровня риска позволяет проводить анализ фрагментов данных о текущих значениях дыхательных ресурсов в баллоне ДА, сравнивая их с приемлемыми (плановыми) значениями риска, зависящими от специфики реализации работ, выполняемых в НДС.

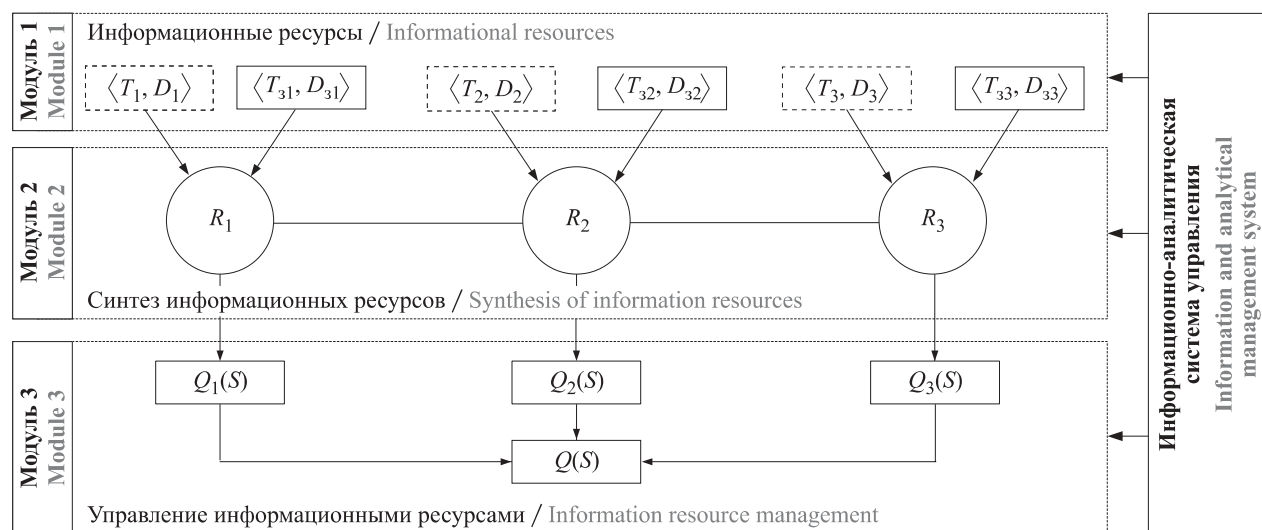


Рис. 1. Структура вероятностной модели управления риском / Fig. 1. Structure of probabilistic risk management model

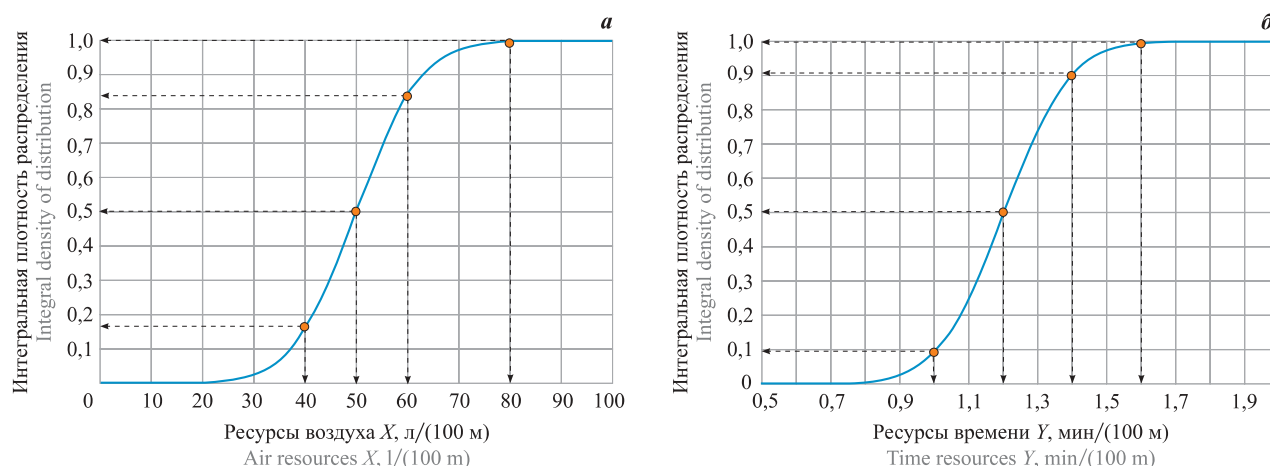


Рис. 2. Интегральные плотности распределения ресурсов воздуха X (а) и времени Y (б)

Fig. 2. The integral density of the distribution of air X (a) and time Y (b) resources

Метод получения информационных ресурсов

Для синтеза плановых значений параметров безопасности разработан метод, включающий в себя дискретную модель двух случайных величин данных X и Y . Атрибутами метода являются счетные множества:

$$\langle R, Ran, \langle X, Y \rangle \rangle, \quad (4)$$

где R — множество элементарных работ с элементами $\langle R_1; R_2; R_n \rangle$;

Ran — множество случайных равномерно распределенных чисел; $Ran \in (0, 1)$;

$\langle X, Y \rangle$ — множество дискретных значений исследуемых случайных величин.

Покажем применение метода на примере анализа простейшей элементарной работы — движения звена ГДЗС на дистанцию 100 м [22]. На основе результатов экспериментального исследования при выполнении элементарной работы распределения ресурсов воздуха X и ресурсов времени Y оценены интегральные плотности распределения ресурсов (рис. 2).

На рис. 2 показано формирование информационных ресурсов поддержки управления с использованием полученных в ходе экспериментального исследования данных. Информационные ресурсы для поддержки управления при выполнении звеном газодымозащитной службы элементарной работы — движения на расстояние 100 м представлены в таблице.

Таким образом, распределения вероятностей значений потребления воздуха и времени при выполнении элементарной работы, представленные в таблице, являются информационными ресурсами для принятия решений при управлении безопасностью работ, проводимых в НДС. Очевидно, что учесть весь перечень работ, выполняемых в НДС, не представ-

Информационный ресурс для решения задач управления
Information resource for management tasks

X	X_1	X_2	X_3	X_4	X_{cp} X_{aver}
Ресурс, л/(100 м) Resource, l/(100 m)	40	50	60	80	50
Распределение вероятностей Probability distribution	0,16	0,50	0,84	1,00	
Y	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	X_{cp} X_{aver}
Ресурс, мин/(100 м) Resource, min/(100 m)	1,0	1,2	1,4	1,6	1,2
Распределение вероятностей Probability distribution	0,09	0,50	0,91	1,00	

ляется возможным, поэтому необходимо предложить структуру информационных ресурсов для их эффективного наполнения и уточнения.

Структура информационных ресурсов

На основе синтеза эмпирических и теоретических параметров работ в непригодной для дыхания среде [7–9, 22] составляется архитектура базы данных, которая включает в себя интерфейс базы данных (рис. 3,а), фрагменты информационных ресурсов (рис. 3,б) и схему данных (рис. 3,в). Основная часть базы данных позволяет произвести выбор работ (см. рис. 3,б). После формирования запроса выполняется вывод данных в вероятностном и детерминированном виде (см. рис. 3,а).

Разработанная схема данных дает возможность добавлять новые виды работ с указанием вероятностей распределения значений анализируемых видов ресурсов. Итоговый запрос позволяет выводить необходимые данные для работы системы поддержки

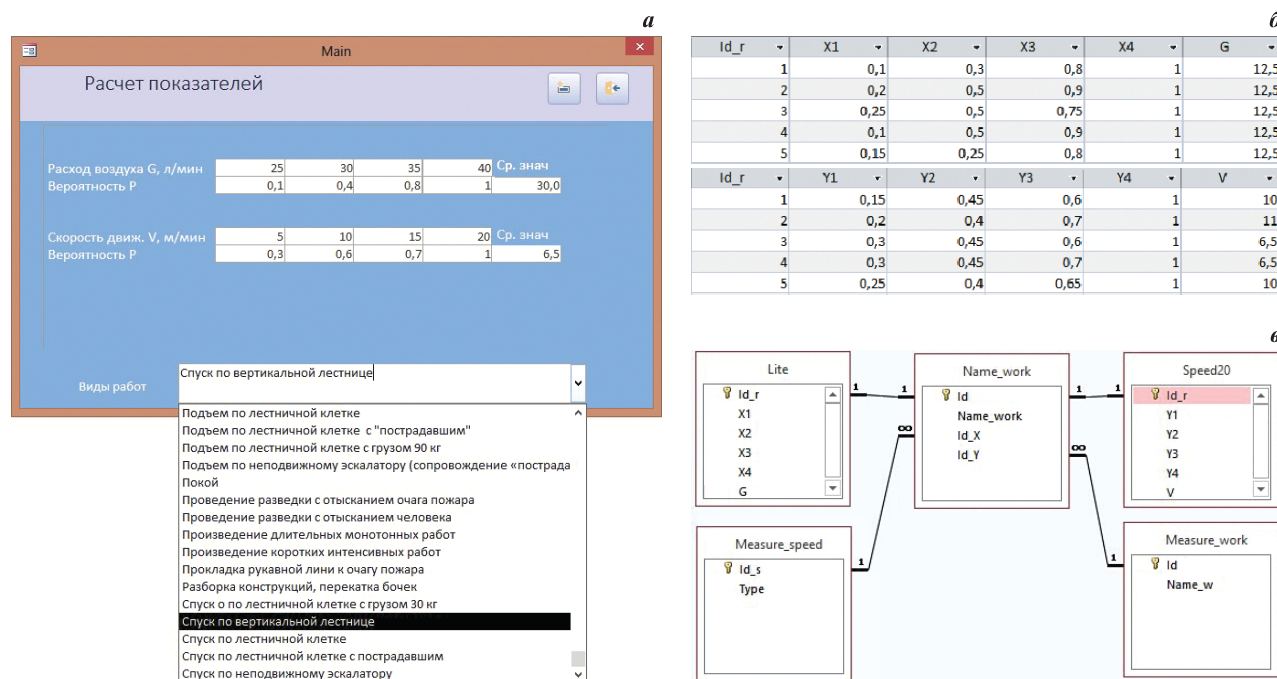


Рис. 3. База данных информационных ресурсов поддержки управления: *а* — интерфейс базы данных; *б* — фрагменты информационных ресурсов; *в* — схема данных

Fig. 3. Management support information resources Database: *a* — Database interface; *b* — fragments of information resources; *v* — Data scheme

управления безопасностью при работе газодымозащитников на пожарах в техногенных чрезвычайных ситуациях, применяемой для повышения эффективности пожарных подразделений при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Заключение

Деструктивные события, возникающие при работе в НДС, имеют вероятностную природу, поэтому планирование безопасной работы необходимо проводить с использованием теории управления рисками. При решении задач планирования важным аспектом является оценка необходимого запаса воздуха и его нормирование для безопасной работы в

непригодной для дыхания среде. Для решения данной задачи может быть использована разработанная в [23] модель управления безопасностью. Однако обоснованное применение этой модели возможно только в том случае, если входящие параметры модели являются непрерывными случайными величинами с нормальным распределением [7–11]. Таким образом, разработана база данных [24], содержащая информационные ресурсы системы поддержки управления безопасностью газодымозащитников, включающая в себя вероятностные модели потребления воздуха при различной производительности работ в непригодной для дыхания среде на пожарах в техногенных чрезвычайных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терещев В. В., Семенов А. О., Смирнов В. А., Тараканов Д. В. Анализ и поддержка решений при тушении крупных пожаров // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. — 2010. — Т. 19, № 9. — С. 51–57.
2. Терещев В. В., Семенов А. О., Тараканов Д. В. Теоретические основы принятия решений при управлении силами и средствами на пожаре // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. — 2012. — Т. 21, № 10. — С. 14–17.
3. Топольский Н. Г., Хабибуллин Р. Ш., Рыженко А. А., Бедило М. В. Адаптивная система поддержки деятельности центров управления в кризисных ситуациях: монография. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. — 151 с.
4. Методика проведения расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения: письмо МЧС России от 19.08.2013 № 18-4-3-3158. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456044595> (дата обращения: 06.05.2019).
5. Ногин В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде. Количественный подход: монография. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2004. — 176 с.

6. Минаев В. А., Топольский Н. Г., Фаддеев А. О., Бондарь К. М., Мокшанцев А. В. Геодинамические риски и строительство. Математические модели : монография. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2017. — 208 с.
7. Стрілець В. М., Бородин П. Ю., Росоха С. В. Закономірності діяльності рятувальників при проведенні аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену : монографія [Закономерности деятельности спасателей при проведении аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена : монография]. — Харків : НУЦЗХ, КП “Міська друкарня”, 2012. — 119 с.
8. Стрелец В. М. Сравнительный анализ закономерностей расхода запаса воздуха при работе спасателей в аппаратах на сжатом воздухе // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. — 2014. — № 4(41). — С. 136–141.
9. Терехнев В. В. Расчет параметров развития и тушения пожаров. Методика. Примеры. Задания. — Екатеринбург : Калан, 2011. — 460 с.
10. Присадов В. И., Мусласова С. В., Хатунцева С. Ю., Костерин И. В., Фадеев В. Е., Шамаев А. М. Расчетные оценки эффективности тушения пожара в очаге внутренним противопожарным водоснабжением // Пожарная безопасность. — 2017. — № 1. — С. 49–53.
11. Гринченко Б. Б. Вероятностная оценка необходимого запаса воздуха в дыхательных аппаратах при работе на пожаре // Технологии техносферной безопасности. — 2017. — № 4(74). — С. 155–162.
12. Холицевников В. В. Проблема беспрепятственной эвакуации людей из зданий, пути ее решения и оценки // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. — 2006. — Т. 15, № 1. — С. 30–35.
13. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Вагнер П. Человечество и пожары (краткий очерк). — М. : Маска, 2007. — 143 с.
14. Lee E. W. M. Application of artificial neural network to fire safety engineering // Handbook on Decision Making. Intelligent Systems Reference Library / L. C. Jain, C. P. Lim (eds.). — Berlin, Heidelberg : Springer, 2010. — Vol. 4. — P. 369–395. DOI: 10.1007/978-3-642-13639-9_15.
15. Lee E. W. M., Lau P. C., Yuen K. K. Y. Application of artificial neural network to building compartment design for fire safety // Intelligent Data Engineering and Automated Learning — IDEAL 2006. Lecture Notes in Computer Science / Corchado E., Yin H., Botti V., Fyfe C. (eds.). — Berlin, Heidelberg : Springer, 2006. — Vol. 4224. — P. 265–274. DOI: 10.1007/11875581_32.
16. Mendonça D., Beroggi G. E. G., van Gent D., Wallace W. A. Designing gaming simulations for the assessment of group decision support systems in emergency response // Safety Science. — 2006. — Vol. 44, Issue 6. — P. 523–535. DOI: 10.1016/j.ssci.2005.12.006.
17. Lee J.-Y., Park J., Park H., Coca A., Kim J.-H., Taylor N. A. S., Son S.-Y., Tochiara Y. What do firefighters desire from the next generation of personal protective equipment? Outcomes from an international survey // Industrial Health. — 2015. — Vol. 53, Issue 5. — P. 434–444. DOI: 10.2486/indhealth.2015-0033.
18. Scholz M., Gordon D., Ramirez L., Sigg S., Dyrks T., Beigl M. A concept for support of firefighter front-line communication // Future Internet. — 2013. — Vol. 5, Issue 2. — P. 113–127. DOI: 10.3390/fi5020113.
19. Xing Z.-X., Gao W.-L., Zhao X.-F., Zhu D.-Z. Design and implementation of city fire rescue decision support system // Procedia Engineering. — 2013. — Vol. 52. — P. 483–488. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.02.172.
20. Kim J. Cooperative exploration and protection of a workspace assisted by information networks // Annals of Mathematics and Artificial Intelligence. — 2014. — Vol. 70, Issue 3. — P. 203–220. DOI: 10.1007/s10472-013-9383-5.
21. Khorram-Manesh A., Berlin J., Carlström E. Two validated ways of improving the ability of decision-making in emergencies. Results from a literature review // Bulletin of Emergency and Trauma. — 2016. — Vol. 4, No. 4. — P. 186–196.
22. Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Экспериментальное исследование параметров работ по устранению аварий с выбросом АХОВ на элементах транспортной инфраструктуры // Пожарная и аварийная безопасность : сб. матер. XIII Международной научно-практической конференции, посвященной году культуры безопасности (Иваново, 29–30 ноября 2018 г.). — Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. — Ч. I. — С. 341–344.
23. Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Модель управления безопасностью при работах на пожарах в непригодной для дыхания среде // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 6. — С. 45–51. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.06.45-51.
24. А. с. 2019620566. Информационные ресурсы системы поддержки управления газодымозащитниками / Б. Б. Гринченко. — № 2019620413; заявл. 28.03.2019, опубл. 11.04.2019, Бюл. № 4.

REFERENCES

1. V. V. Terebnev, A. O. Semenov, V. A. Smirnov, D. V. Tarakanov. Analysis and support solutions that arise when putting out large fires. *Pozharovzryvbezopasnost/Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 9, pp. 51–57 (in Russian).
2. V. V. Terebnev, A. O. Semenov, D. V. Tarakanov. Decision making theoretical basis of management on fire. *Pozharovzryvbezopasnost/Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 10, pp. 14–17 (in Russian).
3. N. G. Topolskiy, R. Sh. Khabibulin, A. A. Ryzhenko, M. V. Bedilo. *Adaptivnaya sistema podderzhki deyatel'nosti tsentrov upravleniya v krizisnykh situatsiyakh. Monografiya* [Adaptive system of support of activities of crisis management centers. Monograph]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., Moscow, 2014. 151 p. (in Russian).
4. *Methods of calculations of parameters of work in means of individual protection of respiratory organs and sight*. Letter of Emecrom of Russia on 19 August 2013 No. 18-4-3-3158 (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/456044595> (Accessed 6 May 2019).
5. V. D. Nogin. *Prinyatiye resheniy v mnogokriterialnoy srede. Kolichestvennyy podkhod. Monografiya* [Decision-making in multi-criteria environment. Quantitative approach. Monograph]. 2nd ed. Moscow, Fizmatlit Publ., 2004. 176 p. (in Russian).
6. V. A. Minaev, N. G. Topolskiy, A. O. Faddeev, K. M. Bondar, A. V. Mokshantsev. *Geodinamicheskiye riski i stroitel'stvo. Matematicheskiye modeli. Monografiya* [Geodynamic risks and construction. Mathematical models. Monograph]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2017. 208 p. (in Russian).
7. V. M. Strelec, P. Yu. Borodich, S. V. Rosokha. *Zakonomirnosti diyalnosti ryatuvalnikov pri provedenni avariynno-ryatuvalnikh robot na stantsiyakh metropolitenу. Monografiya* [Operating procedures of rescuers during emergency rescue and salvage operations at underground stations. Monograph]. Kharkov, Miska dvukarnya Publ., 2012. 119 p. (in Ukrainian).
8. V. M. Strelec. Comparative analysis of the flow patterns of air reserve for rescuers in SCBA. *Zbirnik naukovikh prats Kharkivskogo natsionalnogo universitetu Povitryanikh Sil / Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, 2014, no. 4(41), pp. 136–141 (in Russian).
9. V. V. Terebnev. *Raschet parametrov razvitiya i tusheniya pozharov. Metodika. Primery. Zadaniya* [Calculation of fire development and extinguishing parameters. Methodology. Examples. Tasks]. Yekaterinburg, Kalan Publ., 2011. 460 p. (in Russian).
10. V. I. Prisadkov, S. V. Muslakova, S. Yu. Hatuntseva, I. V. Kosterin, V. E. Fadeev, A. M. Shamaev. Design assessment of the efficiency of fire fighting in the seat by the in-building fire pipeline. *Pozharnaya bezopasnost / Fire Safety*, 2017, no. 1, pp. 49–53 (in Russian).
11. B. B. Grinchenko. Probability estimation an required supply of air breathing apparatus at working on fire. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2017, no. 4(74), pp. 155–162 (in Russian).
12. V. V. Kholshchevnikov. Variety of decisions and valuation of problem of unimpeded people evacuation from buildings. *Pozharovzryvbezopasnost/Fire and Explosion Safety*, 2006, vol. 15, no. 1, pp. 30–35 (in Russian).
13. N. N. Brushlinskiy, S. V. Sokolov, P. Wagner. *Chelovechestvo i pozhary (kratkiy ocherk)* [Humanity and fires (short essay)]. Moscow, Maska Publ., 2007. 143 p. (in Russian).
14. E. W. M. Lee. Application of artificial neural network to fire safety engineering. In: L. C. Jain, C. P. Lim (eds.). *Handbook on Decision Making. Intelligent Systems Reference Library*. Berlin, Heidelberg, Springer, 2010, vol. 4, pp. 369–395. DOI: 10.1007/978-3-642-13639-9_15.
15. E. W. M. Lee, P. C. Lau, K. K. Y. Yuen. Application of artificial neural network to building compartment design for fire safety. In: E. Corchad, H. Yin, V. Botti, C. Fyfe (eds.). *Intelligent Data Engineering and Automated Learning — IDEAL 2006. Lecture Notes in Computer Science*. Berlin, Heidelberg, Springer, 2006, vol. 4224, pp. 265–274. DOI: 10.1007/11875581_32.
16. D. Mendonça, G. E. G. Beroggi, D. van Gent, W. A. Wallace. Designing gaming simulations for the assessment of group decision support systems in emergency response. *Safety Science*, 2006, vol. 44, issue 6, pp. 523–535. DOI: 10.1016/j.ssci.2005.12.006.
17. J.-Y. Lee, J. Park, H. Park, A. Coca, J.-H. Kim, N. A. S. Taylor, S.-Y. Son, Y. Tochihara. What do fire-fighters desire from the next generation of personal protective equipment? Outcomes from an international survey. *Industrial Health*, 2015, vol. 53, issue 5, pp. 434–444. DOI: 10.2486/indhealth.2015-0033.
18. M. Scholz, D. Gordon, L. Ramirez, S. Sigg, T. Dyrks, M. Beigl. A concept for support of firefighter frontline communication. *Future Internet*, 2013, vol. 5, issue 2, pp. 113–127. DOI: 10.3390/fi5020113.

19. Z.-X. Xing, W.-L. Gao, X.-F. Zhao, D.-Z. Zhu. Design and implementation of city fire rescue decision support system. *Procedia Engineering*, 2013, vol. 52, pp. 483–488. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.02.172.
20. J. Kim. Cooperative exploration and protection of a workspace assisted by information networks. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 2014, vol. 70, issue 3, pp. 203–220. DOI: 10.1007/s10472-013-9383-5.
21. A. Khorram-Manesh, J. Berlin, E. Carlström. Two validated ways of improving the ability of decision-making in emergencies. Results from a literature review. *Bulletin of Emergency and Trauma*, 2016, vol. 4, no. 4, pp. 186–196.
22. B. B. Grinchenko, D. V. Tarakanov. Research of parameters of work of gas rescuers associated with the removal of accidents on components of transport infrastructure. In: *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost. Sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy godu kultury bezopasnosti (Ivanovo, 29–30 noyabrya 2018 g.)* [Fire and Emergency Safety. Collection of Materials of the XIII International Scientific and Practical Conference Dedicated to the Year of Safety Culture (Ivanovo, November 29–30, 2018)]. Ivanovo, Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2018, part I, pp. 341–344 (in Russian).
23. B. B. Grinchenko, D. V. Tarakanov. Safety management model for firefighting in unsuitable for breathing environment. *Pozharovzryvbezopasnost/Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 6, pp. 45–51 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.06.45-51.
24. B. B. Grinchenko. *Information resources of gas and smoke protection control support system*. Inventor's Certificate RU, no. 2019620566, publ. date 11.04.2019, Bull. No. 4 (in Russian).

Поступила 24.05.2019, после доработки 10.07.2019;

принята к публикации 30.08.2019

Received 24 May 2019; Received in revised form 10 July 2019;

Accepted 30 August 2019

Информация об авторах

ГРИНЧЕНКО Борис Борисович, адъюнкт, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново, Российская Федерация; ORCID: 0000-0003-1759-2308; e-mail: grinchenko.borya@mail.ru

ТОПОЛЬСКИЙ Николай Григорьевич, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; Author ID: 6602393869; ORCID: 0000-0002-0921-4764; e-mail: ntopolskii@mail.ru

ТАРАКАНОВ Денис Вячеславович, д-р техн. наук, старший преподаватель кафедры пожарной тактики и основ аварийно-спасательных и других неотложных работ в составе УНК “Пожаротушение”, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново, Российская Федерация; ORCID: 0000-0002-5811-7397; e-mail: den-pgsm@mail.ru

Information about the authors

Boris B. GRINCHENKO, Adjunct, Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Fire Service of Emercom of Russia, Ivanovo, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-1759-2308; e-mail: grinchenko.borya@mail.ru

Nikolay G. TOPOLSKIY, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Honoured Science Worker of Russian Federation, Professor of Department of Information Technology, State Fire Academy of Emercom of Russia, Moscow, Russian Federation; Author ID: 6602393869; ORCID: 0000-0002-0921-4764; e-mail: ntopolskii@mail.ru

Denis V. TARAKANOV, Dr. Sci. (Eng.), Senior Lecturer of Fire Tactics and Bases of Emergency Rescue and Other Urgent Works Department within the Academic and Research Complex (ARC) “Fire Extinguishing”, Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Fire Service of Emercom of Russia, Ivanovo, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-5811-7397; e-mail: den-pgsm@mail.ru