

Б. Б. Гринченко

(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;
e-mail: grinchenko.borya@mail.ru)

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ

Разработана иерархическая структура информационной системы поддержки управления безопасностью газодымозащитников, которая организована двумя подсистемами. Функциональные возможности подсистем предназначены для обеспечения безопасности на групповом и персонализированном уровне контроля. Для создания устойчивых взаимосвязей между компонентами структуры информационной системы была предложена база данных информационных ресурсов, которая позволяет осуществлять принятие решений в вероятностной постановке для современных систем дистанционного мониторинга параметров безопасности газодымозащитников и для детерминированных подходов, в случаях нештатной ситуации.

Ключевые слова: автоматизированная система, управление безопасностью, мониторинг, уровни контроля, информационная поддержка.

Введение

Концепция общественной безопасности в Российской Федерации относит пожары к основным видам угроз устойчивому развитию государства и общества, при этом их тушение сопряжено с работой в условиях *непригодной для дыхания среды (НДС)* и, как следствие, высоким риском получения травм различной степени тяжести, а в исключительных случаях гибели пожарных. Так по официальным статистическим данным в период с 2008 по 2018 гг. в РФ получили травмы более 80 тыс. пожарных, более 60 пожарных погибли, при этом каждый четвёртый случай гибели происходил в непригодной для дыхания среде.

Современные дыхательные аппараты на сжатом воздухе, в конструкцию которых внедрена система дистанционного мониторинга, позволяют проводить оперативное и стратегическое планирование действий на основе получаемой информации при ведении работ в НДС [1, 2]. Однако структура и дискретность получаемой информации требует автоматизации процесса поддержки принятия управленческих решений ввиду постоянной нагрузки на работу оператора системы и отсутствия возможности оперативной обработки большого массива данных, для которых в настоящее время отсутствуют теоретические положения [3].

Автоматизация процесса управления безопасностью газодымозащитников позволит применять сложные математические (стохастические) модели для определения тактических возможностей пожарно-спасательных подразделений при ведении работ в НДС в сложных условиях, что на данном этапе невозможно в случаях использования простых детерминированных подходов

в управлении. Поэтому разработка структуры информационной системы поддержки управления безопасностью газодымозащитников является актуальной задачей, которая согласуется с одним из приоритетных направлений развития средств борьбы с пожарами в условиях НДС согласно Указу Президента РФ № 2 "Об утверждении основ государственной политики РФ в области пожарной безопасности на период до 2030 года", п. 24.

Постановка задачи исследования

В современных условиях для обеспечения безопасности газодымозащитников в основном применяют *дыхательные аппараты (ДА)* на сжатом воздухе, которые оборудуют системами дистанционного мониторинга параметров безопасности. Такие инженерные решения приводят к изменению условий информационного обеспечения должностных лиц, отвечающих за работу в НДС, для которых в настоящее время отсутствуют теоретические положения в управлении безопасностью газодымозащитников [4]. Под термином *управление безопасностью газодымозащитников* понимается процесс организации ведения работ в НДС, направленный на исключение или снижение факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье и работоспособность газодымозащитников в процессе тушения пожара на основе комплекса задач по созданию безопасных условий труда.

Цифровая обработка данных, получаемых от систем дистанционного мониторинга, производится в соответствии с общепринятыми процедурами статистического анализа результатов измерений [5]. Сложная структура процедуры цифровой обработки данных в совокупности с необходимостью их оперативного получения для принятия управленческих решений в условиях повышенной стрессовой обстановке определяет необходимость создания структуры информационной системы поддержки управления безопасностью газодымозащитников. Эта структура подразумевает в себе организационно-техническую систему, обеспечивающую выработку решений на основе информационных ресурсов дистанционного мониторинга параметров безопасности газодымозащитников, которая направлена на снижение вероятности риска реализации деструктивного события, связанного с недостатком объёма дыхательных ресурсов для эффективного выполнения различного рода задач [6].

Структура системы информационной поддержки управления безопасностью газодымозащитников позволит объединить в единый информационно-управляющий комплекс существующие разрозненные технические устройства и программные средства для решения задач, связанных с управлением безопасностью газодымозащитников при ведении работ в НДС.

Иерархическая структура информационной системы поддержки управления безопасностью газодымозащитников

Для создания системы информационной поддержки управления безопасностью газодымозащитников была разработана её иерархическая структура (рис. 1), которая подразумевает формирование двух функциональных подсистем, объединённых единой платформой поступающих и уже ранее обработанных информационных ресурсов, стекающих в базу данных, что обеспечивает надёжную взаимосвязь и корректную работу системы в целом. Совокупность элементов подсистем позволяет осуществлять управление безопасностью газодымозащитников на персонализированном и групповом уровне, что достигается техническими решениями и разработанными теоретическими положениями концептуальной модели управления безопасностью с нормативными показателями риска [7].

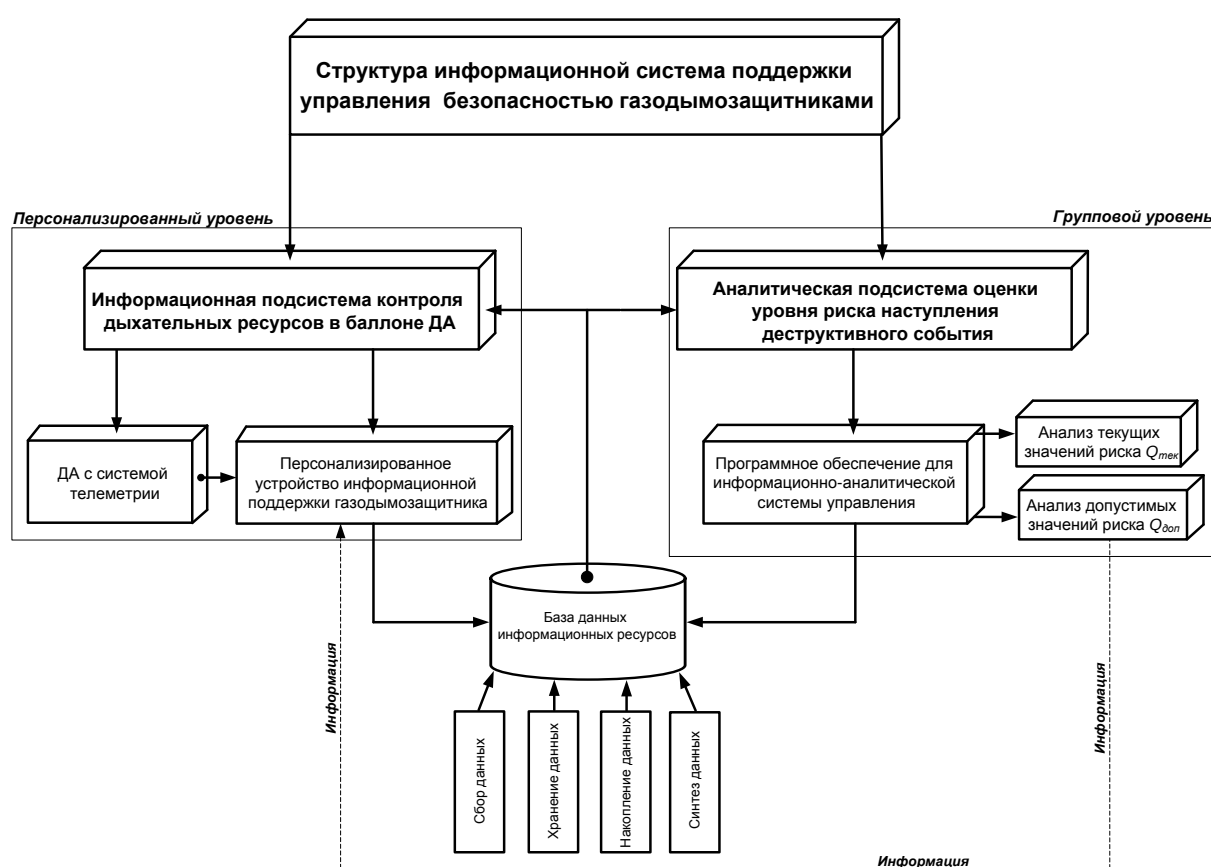


Рис. 1. Иерархическая структура системы информационной поддержки управления безопасностью газодымозащитников

Иерархия системы построена следующим образом: база данных информационных ресурсов, необходимых для управления безопасностью, обеспечивает процедуру принятия решений на основе анализа риска индивидуально каждого газодымозащитника через устройство информационной поддержки (персонализированный уровень контроля) и звеньев газодымозащитной службы через программное обеспечение информационно-аналитической системы управления (групповой уровень контроля).

Аналитическая подсистема оценки уровня риска

Разработанная алгоритмическая структура вероятностной оценки параметров безопасности газодымозащитников в НДС [8] обеспечивает мониторинг фактических и плановых значений риска наступления деструктивного события, связанного с недостатком запаса дыхательных ресурсов при выполнении различных работ. Практическая реализация модели управления безопасностью позволит обеспечить выполнение современных требований к управлению газодымозащитниками в НДС в части реализации цифровой обработки данных от систем мониторинга. Основным достоинством разработанной модели управления безопасностью в сравнении с существующей моделью (детерминированной) [5] является возможность варьирования интервальными значениями критериев безопасности, что позволяет использовать их на этапах планирования работ в НДС, сравнивая с фактическими (реальными) характеристики.

Специфика применения теоретических положений управления безопасностью газодымозащитников предусматривает декомпозицию общей работы в НДС на составляющие этапы, для которых определяются значения риска реализации деструктивного события, а в качестве информационных ресурсов для управления безопасностью используются статистические показатели, такие как: математическое ожидание и дисперсия времени защитного действия ДА, а также время, необходимое для выполнения комплекса работ.

Для определения значений общего и локального риска применялись методы теории вероятности, в соответствии с которыми разработан показатель безопасности работ в НДС Z_i , позволяющий проводить анализ двух величин с плановыми и фактическими параметрами по формуле:

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

где T_i , D_i – среднее значение и дисперсия планового времени, необходимого для выполнения комплекса работ, мин;

T_{zi} , D_{zi} – среднее значение и дисперсия времени защитного действия ДА, мин.

Значения 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 ($a = 0,5$; $b = 1,2$; $n = 1,25$).

Нормативные значения показателя безопасности определяются по формуле:

$$Z^* = \left(\frac{1}{b} \ln \left(\frac{a}{Q^*} \right) \right)^{1/n}, \quad (3)$$

где Q^* – нормативное значение величины риска реализации деструктивного события;

Z^* – нормативные значения показателя безопасности:

1 – сложные условия работы $Z^* = 2,57$ (при $Q^* = 0,01$);

2 – нормальные условия работы $Z^* = 1,68$ (при $Q^* = 0,05$).

Таким образом, аппроксимация критерия Стьюдента является обоснованием нормативных значений локального риска при различных условиях работы в НДС.

В практических задачах обеспечения безопасности при сопоставлении плановых и фактических значений параметров работ в НДС должны выполняться условия, представленные на рис. 2.

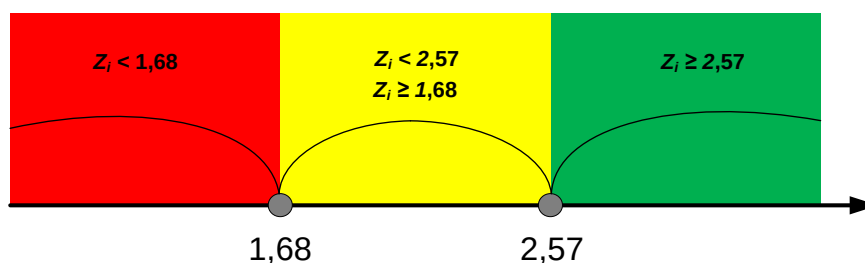


Рис. 2. Условия безопасности при ведении работ в НДС

Текущие значения параметров безопасности при мониторинге определяются на основе статистических показателей планового и фактического времени реализации работ и времени защитного действия дыхательного аппарата. Применение данного показателя в модели управления определяет необходимость нормального распределения её вероятностных характеристик [9, 10], поэтому для оценки адекватности модели автором проведена проверка статистической гипотезы о нормальности распределения входящих в модель параметров.

Предложенная модель управления безопасностью и её нормативные показатели реализованы в виде программы для ЭВМ, что в совокупности обеспечивает групповой уровень контроля параметров безопасности рис. 3.

Данные из информационной подсистемы поступают в аналитическую подсистему оценки уровня риска наступления деструктивного события, где они после полного цикла обработки информации выводятся на дисплей персонализированного устройства информационной поддержки газодымозащитника, обеспечивая тем самым безопасность на индивидуальном уровне контроля.

В информационную подсистему мониторинга безопасности входит два блока: 1 – система телеметрии; 2 – устройство информационно поддержки газодымозащитника.

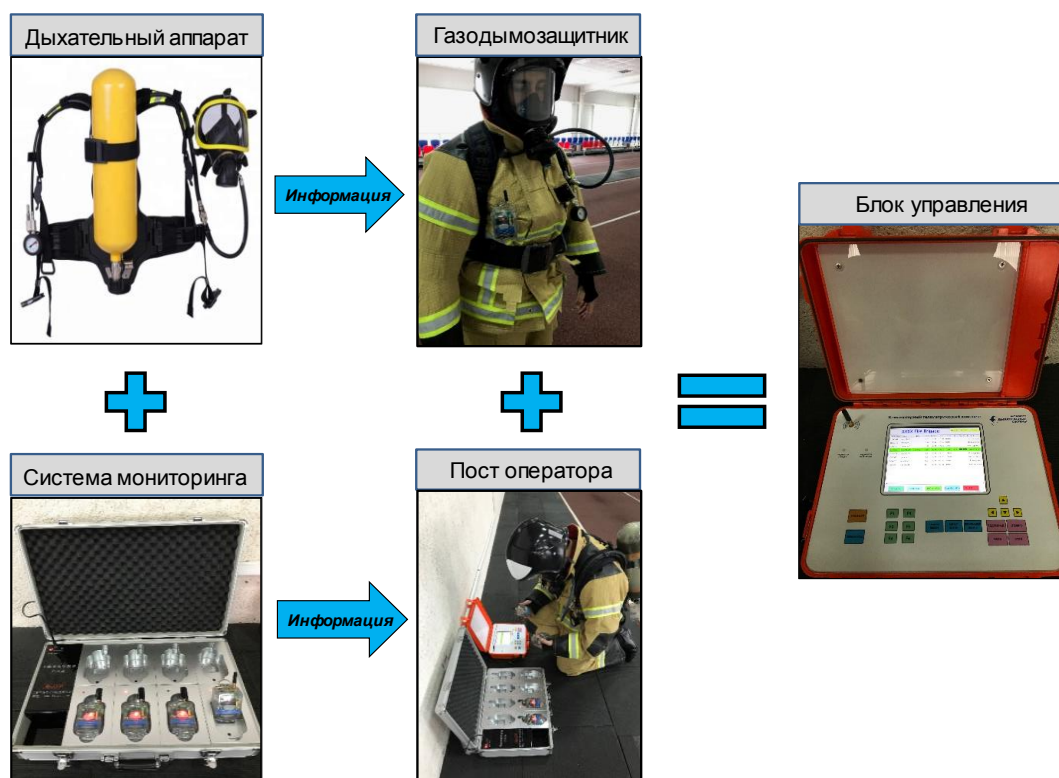


Рис. 3. Принципиальная схема группового уровня контроля

Система дистанционного контроля состоит из стандартного набора элементов, а именно – дыхательного аппарата с внедренным в его конструкцию устройством сбора и передачи данных, устройством ретрансляции данных и устройством информационной поддержки газодымозащитника, на котором отображаются текущие значения контролируемых параметров для управления безопасностью на индивидуальном уровне.

Мониторинг текущего значения запаса дыхательных ресурсов в баллоне ДА позволяет газодымозащитнику корректировать свои действия с учётом специфики расхода дыхательных ресурсов в зависимости от выполняемого этапа работ, что повышает уровень безопасности в условиях, ограниченных временными ресурсами. Текущие и прогнозные значения параметров безопасности транслируются в виде цифровых значений, а уровень риска наглядно представлен в виде цветового фона

База данных информационных ресурсов

Связующим звеном между подсистемами является информационная платформа на основе базы данных ресурсов для системы поддержки управления газодымозащитниками, которая содержит дискретную информацию скорости движения и расхода дыхательных ресурсов газодымозащитниками при выполнении различных работ в НДС. Функциональные возможности ресурсов позволяют оперативно извлекать обработанную информацию для аналитической подсистемы оценки уровня риска и персонализированного устройства информационной поддержки газодымозащитника.

Итоговый запрос позволяет выводить необходимые данные для работы системы поддержки управления безопасностью газодымозащитников в случаях использования современных систем мониторинга в вероятностном виде, в случаях потери связи между звеном ГДЗС и системой или другой нештатной ситуации в детерминированном виде с использованием средних значений параметров безопасности для возможности прогнозирования в зависимости от складывающейся обстановки на пожаре при ведении работ в НДС.

Информационные ресурсы поддержки управления безопасностью позволяют использовать в качестве исходных данных как сохранённые результаты мониторинга показателей безопасности, так и полученные в режиме реального времени при выполнении работ в НДС. Достоинством информационных ресурсов является возможность получения, накопления, сохранения и цифровой обработки данных, принадлежащих определённому виду работ, что в дальнейшем позволит синтезировать большой массив данных в единую информационно-управляющую систему для обеспечения безопасной работы газодымозащитников.

Заключение

Для повышения уровня безопасности, снижения количества случаев гибели и травматизма пожарных при спасании людей и тушении пожаров в НДС разработана структура системы информационной поддержки управления безопасностью газодымозащитников. Были получены основные научные и практические результаты:

- разработана иерархическая структура информационной системы поддержки управления безопасностью газодымозащитников на пожарах;
- предложенная структура обеспечивает безопасность газодымозащитников на групповом уровне контроля через программное средство и на персонализированном уровне контроля через устройство информационной поддержки газодымозащитника.
- разработанная база данных информационных ресурсов создает устойчивую взаимосвязь между двумя подсистемами, позволяет накапливать и в дальнейшем структурировать большой массив данных.

Таким образом, разработанная структура информационной системы поддержки управления безопасностью газодымозащитников на пожарах позволяет использовать дискретную информацию от дистанционных систем мониторинга для принятия управленческих решений с использованием сложных математических моделей в части цифровой обработки данных. На практике процесс управления позволяет декомпозировать общую работу в НДС на составляющие элементы, к которым применяются разработанные нормативные значения риска реализации деструктивного события.

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

Литература

1. Терещев В. В., Семенов А. О., Смирнов В. А., Тараканов Д. В. Анализ и поддержка решений при тушении крупных пожаров // Пожаровзрывобезопасность. 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. 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. Тараканов Д. В., Баканов М. О., Колбашов М. А., Моисеев Ю. Н. Автоматизированная информационная система связи и управления пожарно-спасательными подразделениями // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 2-3. С. 20-26.
5. Терещев В. В. Расчёт параметров развития и тушения пожаров. Екатеринбург: изд-во "Калан", 2011. 460 с.
6. Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Автоматизированная система управления безопасностью при работах на пожарах в непригодной для дыхания среде // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2018. № 4. С. 32-36. DOI: 10.25257/FE.2018.4.32-36.
7. Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Модель управления безопасностью при работах на пожарах в непригодной для дыхания среде // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 6. С. 45-51.
8. Гринченко Б. Б. Вероятностная оценка необходимого запаса воздуха в дыхательных аппаратах при работе на пожаре // Технологии техносферной безопасности. 2017. Вып. 4 (74). С. 155-162. <http://academygps.ru/ttb>.
9. 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. <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/4130>.
10. Стрелец В. М., Бородич 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.

Матеріал поступил в редакцію 5 мая 2019 г.

Для цитирования: Гринченко Б. Б. Структура информационной системы поддержки управления безопасностью газодымозащитников // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 3 (85). – 2019. – С. 77-85. DOI: 10.25257/TTS.2019.3.85.77-85.

B. B. Grinchenko

THE STRUCTURE OF THE INFORMATION SYSTEM TO SUPPORT THE SAFETY MANAGEMENT OF FIREFIGHTER

The article is devoted to the development of the hierarchical structure of the information system to support the safety management of firefighter. The structure is aimed at addressing security issues at the personalized and group level of control. The process of supporting management decision making is achieved by the work of two subsystems, which are interconnected by a database of information resources.

Information subsystem of respiratory resources control consists of a breathing apparatus with a telemetry system and a personalized device of information support for a firefighter. The analytical subsystem for assessing the level of risk of a destructive event contains software for the information and analytical management system, which compares the current and allowable risk values.

The database contains the average values of the safety settings of a firefighter for solving management issues in a deterministic setting and in the probabilistic form, which meets the modern requirements of the conditions of information support for officers on fire for the possibility of digital data processing.

Key words: automated system, security management, monitoring, control levels, information support.

References

1. Terebnev V. V., Semenov A. O., Smirnov V. A., Tarakanov D. V. Analysis and support solutions that arise when putting out large fires. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 9, pp. 51-57 (in Russian).
2. Terebnev V. V., Semenov A. O., Tarakanov D. V. Decision making theoretical basis of management on fire. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 10, pp. 14-17 (in Russian).
3. Topolskiy N. G., Khabibulin R. Sh., Ryzhenko A. A., Bedilo M. V. *Adaptivnaya sistema podderzhki deyatel'nosti tsentrov upravleniya v krizisnykh situatsiyakh: monografiya* [Adaptive system of support of activities of Crisis Management Centers: monograph]. Moscow, Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia Publ., Moscow, 2014, 151 p.
4. Tarakanov D. V., Bakanov M. O., Kolbashov M. A., Moiseev Y. N. Fire and rescue team communication and control automated information system. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 2-3, pp. 20-26 (in Russian).
5. Terebnev V. V. *Raschet parametrov razvitiya i tusheniya pozharov* [Calculation of fire development and extinguishing parameters]. Yekaterinburg, Kalan Publ., 2011, 460 p.
6. Grinchenko B. B., Tarakanov D. V. Automated system of safety management while working at fires in the atmosphere unsuitable for breathing. *Pozhary i chrezvychaynye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya / Fire and emergencies: prevention, elimination*. 2018, no. 4, pp. 32-36 (in Russian). DOI: 10.25257/FE.2018.4.32-36.
7. Grinchenko B. B., Tarakanov D. V. Safety management model for firefighting in unsuitable for breathing environment. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 6, pp. 45-51 (in Russian).
8. Grinchenko B. B. Probability estimation an required supply of air breathing apparatus at working on fire. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 4 (74), 2017, pp. 155-162. Available at: <http://academygps.ru/ttb> (in Russian).
9. Strelec V. M. Comparative analysis of the flow patterns of air reserve for rescuers in SCBA. *Zbirnik naukovih prac' Harkivs'kogo nacional'nogo universitetu Povitryanih Sil / Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, 2014, no. 4 (41), pp. 136-141 (in Russian). Available at: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/4130>.
10. Strelec V. M., Borodich P. Yu., Rosokha S. V. *Zakonomernosti deyatel'nosti spasateley pri provedenii avariyno-spasatelnykh rabot na stantsiyakh metropolitena. Monografiya* [Operating procedures during emergency rescue and salvage operations at underground stations: monograph]. Kharkov, Miska dvukarnya Publ., 2012. 119 p. (in Ukrainian).

For citation: Grinchenko B. B. The structure of the information system to support the safety management of firefighter. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 3 (85), 2019, pp. 77-85 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2019.3.85.77-85.