ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2022;(11-2):137-147
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 614.843: 614.8.084 DOI: 10.25018/0236_1493_2022_112_0_137

# АНАЛИЗ РАБОТЫ ЗВЕНЬЕВ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ В УСЛОВИЯХ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

**Т.Ф. Гайнуллин[1], Е.В. Михеева[1], М.В. Архипов[1]**

[1] Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия,
e-mail: rexband@mail.ru

***Аннотация:*** На основе проведенной тренировки определены параметры аварийно-спасательной операции в условиях станции метрополитена глубокого заложения. Отмечены недостатки работы звена газодымозащитной службы, связанные с использованием стоящих на вооружении средств индивидуальной защиты органов дыхания. Было установлено, что для проведения спасательных работ имеющимися дыхательными аппаратами звеньям газодымозащитной службы отводится 12–14 минут времени, что недостаточно для работы в сложных условиях и спасения людей в пиковые периоды нагрузки метрополитена. Сформулированы предложения по изменению ситуации для повышения эффективности аварийно-спасательных работ. Они включают оснащение спасателей двухбаллонными аппаратами, аппаратами на сжатом кислороде. Предложено проектирование безопасных зон в метрополитене с постоянным подпором и циркуляцией воздуха для маломобильных групп населения и людей, ожидающих эвакуации в случае пожара во время пиковой загруженности метрополитена. Выявлена необходимость модернизации методики расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания: нужно учитывать расход воздуха спасательного устройства, подключенного к дыхательному аппарату, а также разделить объем воздуха аппарата на части: воздух для продвижения к месту работы и работы в непригодной для дыхания среде, воздух на возвращение обратно, резервный объем воздуха.

***Ключевые слова:*** метрополитен, чрезвычайная ситуация, аварийно-спасательные работы, пожар, газодымозащитная служба, средства защиты органов дыхания, эвакуация, дыхательный аппарат, расход воздуха.

***Для цитирования:*** *Гайнуллин Т. Ф., Михеева Е. В., Архипов М. В.* Анализ работы звеньев газодымозащитной службы в условиях ликвидации чрезвычайной ситуации в метрополитене // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 11-2. – С. 137–147. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_112_0_137.

## Analysis of gas and smoke protection service units work in the conditions of emergency situation elimination in the subway

**T.F. Gainullin[1], E.V. Mikheeva[1], M.V. Arkhipov[1]**

[1] Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia,
e-mail: rexband@mail.ru

© Т.Ф. Гайнуллин, Е.В. Михеева, М.В. Архипов. 2022.

***Abstract:*** On the basis of the training, the parameters of the rescue operation in the conditions of a deep underground metro station were determined. The drawbacks of the gas and smoke protection service work, which are associated with the use of personal respiratory protection equipment, were noted. It was found that only 12—14 minutes are given to the units of the gas and smoke protection service to carry out rescue operations with the available breathing apparatus, which are not enough suitable to work in difficult conditions and to save people during peak periods of metro traffic. Proposals for equipping rescuers to improve the efficiency of rescue operations have been formulated. They include equipping rescuers with two-cylinder devices, compressed oxygen breezing devices. It is proposed to design subway safe zones with constant air overpressure and circulation for disabled persons and people, which wait for evacuation in case of fire during the subway peak congestion. The need of methodology modernization of working parameters for personal respiratory protection equipment calculation has been identified: it is necessary to take into account the air consumption of the rescue device connected to the breathing apparatus, and also to divide the air volume of the device into parts: air for moving to the working place and work in an unbreathable environment, air to return back, the reserve volume of air.

***Key words:*** subway, emergency situation, rescue operations, fire, gas and smoke protection service, respiratory protection equipment, evacuation, breathing apparatus, air consumption.

***For citation:*** Gainullin T. F., Mikheeva E. V., Arkhipov M. V. Analysis of gas and smoke protection service units work in the conditions of emergency situation elimination in the subway. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(11-2):137-147. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_112_0_137.

**Введение**

Анализ чрезвычайных ситуаций, которые имели место на объектах метрополитена, необходим для оценки причин и последствий их возникновения. [1—5].

Пожары в метрополитенах обладают некоторыми характерными особенностями, которые нужно учитывать при планировании мер по их локализации и ликвидации. В случаях пожаров с большим количеством жертв (см. табл. 1) причинами травм и гибели служили: отравление продуктами горения, воздействие высоких температур. Кроме того, ситуация зачастую осложняется большим скоплением людей на станциях метрополитена.

Чрезвычайные ситуации на действующих объектах метрополитена приводят к большому количеству погибших и травмированных, а также значительному материальному ущербу. При этом аварийно-спасательные работы, проводимые в таких чрезвычайных ситуациях, осложнены особой опасностью и технической сложностью объекта работ, спецификой образующихся завалов, стесненностью и ограниченностью условий проведения аварийно-спасательных работ [6].

Опасными факторами для пожарных, проводящих спасательные работы и тушение пожара в метрополитене при работе в звене газодымозащитной службы, являются: потеря ориентации в условиях недостаточной видимости, перегрев (тепловой удар). При необходимости спасения большого количества людей и значительной нагрузке на нервную сис-

Таблица 1

***Пожары в метрополитенах с большим количеством погибших и пострадавших людей [7—12]***
***Fires on subways with a large number of dead and injured people [7—12]***

| Дата | Место возникновения (причина) | Количество жертв | | Причины травм и гибели |
|---|---|---|---|---|
| | | погибло | пострадало | |
| 18.02.2003 | Тэгу, Южная Корея (поджог в подвижном составе) | 196 | 147 | отравление продуктами горения |
| 28.10.1995 | Баку, Азербайджан (возгорание электрооборудования подвижного состава) | 289 | 265 | отравление продуктами горения, воздействие высоких температур |
| 18.11.1987 | Лондон, Великобритания (возгорание эскалатора) | 31 | 100 | отравление продуктами горения, воздействие высоких температур |
| 10.08.1903 | Париж, Франция (короткое замыкание в подвижном составе) | 84 | — | отравление продуктами горения, столкновение с другим составом |
| 05.06.2013 | Москва, Россия (загорание кабеля на путях) | — | 59 | отравление продуктами горения |
| 08.07.2000 | Берлин, Германия (короткое замыкание в подвижном составе) | — | 30 | отравление продуктами горения |
| 23.11.1984 | Лондон, Великобритания (возгорание из-за брошенной сигареты) | — | 14 | отравление продуктами горения |

тему может произойти критическое истощение организма, что в непригодной для дыхания среде с большой вероятностью может привести к гибели как спасаемых, так и самих спасателей.

Для пожарно-спасательных подразделений основным видом боевых действий из числа тех, которые присутствуют в их работе в процессе ликвидации чрезвычайных ситуаций на станциях метрополитена, является спасание пострадавших. Это подтверждает и анализ распределения действий личного состава пожарно-спасательных служб, которое свидетельствует о том, что только 17% работ в случае возникновения чрезвычайной ситуации связано с непосредственной ликвидацией причин ее возникновения. Остальные 83% составляют спасательные работы на станциях метрополитена [1]. Личный состав пожарных подразделений является главной и решающей силой в выполнении задач по спасению людей в случае угрозы их жизни [13].

Газодымозащитная служба является одной из главных в комплексе специальных служб пожарной охраны, так как она предназначена для обеспечения ведения боевых действий подразделений пожарной охраны в непригодной для дыхания среде при спасении людей, тушении пожаров и ликвидации последствий аварий [14].

Тушение пожара и проведение спасательных работ в метрополитене напрямую связаны с применением пожарных средств индивидуальной защиты органов дыхания. Согласно нормативным документам, данные пожары относятся к сложным условиям, в которых звено газодымозащитной службы (ГДЗС)

создается из 5 пожарных, и на каждое работающее звено создается одно резервное и пост безопасности, на котором газодымозащитник проводит расчеты пребывания звена в непригодной для дыхания среде и поддерживает связь со звеном. Также у всех газодымозащитников созданного звена ГДЗС должны быть однотипные средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) с одинаковым временем защитного действия [15].

Одним из ключевых факторов, влияющих на параметры работы звеньев газодымозащитной службы, является снижение видимости в дыму. При снижении видимости до трех метров скорость движения звеньев ГДЗС уменьшается на 25 % в сравнении с начальным значением [16], что ухудшает эффективность аварийно-спасательных работ.

В настоящее время для организации подготовки личного состава ГДЗС используются методические рекомендации 2008 г., но вопросы влияния физических, психологических нагрузок в условиях опасных факторов пожара на организм газодымозащитника недостаточно разработаны. Основным параметром, определяющим их использование, является номинальное время защитного действия — 240 и 60 мин для аппаратов на сжатом кислороде и на сжатом воздухе, соответственно. Исследования показали, что снижение уровня работоспособности у газодымозащитников при работе в дыхательных аппаратах и специальной защитной одежде составляет от 20 до 90% [17].

Сегодня время защитного действия для дыхательных аппаратов на сжатом воздухе (ДАСВ) при использовании на пожаре рассчитывается на основе Методики проведения расчетов параметров работы в СИЗОД (Москва: МЧС России, 2013). Существующая методика не учитывает параметры расхода запаса воздуха газодымозащитником при выполнении работ различной степени тяжести с подключением пострадавшего к дыхательному аппарату при помощи спасательного устройства [18—20].

В виду недостаточности количественного и качественного оснащения дыхательными аппаратами пожарно-спасательных подразделений и несовершенства методики расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания, вопросы, рассматриваемые в данной статье, являются актуальными.

Целью данной статьи является проведение анализа работы звеньев газодымозащитной службы в условиях, приближенных к реальной обстановке при возникновении пожара на станции метрополитена.

Задачи исследования:

1. провести практическую тренировку звеньев газодымозащитной службы в метрополитене для расчета параметров работы в СИЗОД;

2. оценить результаты тренировки: провести анализ оснащенности газодымозащитной службы Екатеринбургского пожарно-спасательного гарнизона;

3. предложить мероприятия по улучшению оснащения и оптимизации спасательных работ.

**Методы**

Расчеты, приводимые в статье, были проведены на основе тренировки, проведенной в метрополитене г. Екатеринбурга. В ходе тренировки на станции метро «Динамо» по адресу: город Екатеринбург, переулок Красный, подразделениями Екатеринбургского пожарно-спасательного гарнизона были проведены расчеты параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания. Станция метро «Динамо» является станцией глубокого заложения (35 м). При проведении учений на раз-

ведку в метрополитен было отправлено два звена ГДЗС, состоящих из газодымозащитников разной комплекции, массы и физической подготовленности.

Газодымозащитники двигались вдоль капитальных стен, разматывая рукавные линии при хорошей видимости (рис. 1). Частота сердечных сокращений была в пределах нормы (80—100 уд./мин).

Движение звеньев происходило до достижения давления (аппаратного), при котором нужно выходить из непригодной для дыхания среды (рис. 2), после чего постовым на посту безопасности подавалась команда на выход звена и производилась фиксация результатов.

Тренировка проводилась с целью определения времени, которое потребуется пожарным для прибытия к месту возгорания и/или спасения пострадавших. При расчетах использовали Методические указания по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения А.П. Чуприяна (2013).

**Результаты и их обсуждение**

Согласно Расписанию выезда Екатеринбургского пожарно-спасательного гарнизона Главного управления МЧС России по Свердловской области метрополитену определен ранг пожара № 3. То есть, при сообщении о пожаре автоматически выезжают подразделения пожарной охраны в составе 12 отделений на основной технике (пожарные автоцистерны) и 9 отделений на специальной технике (автолестницы, автоподъемники коленчатые пожарные, автомобиль связи и освещения, автомобиль базы газодымозащитной службы — осуществляет заправку баллонов на пожаре и другие).

Рассмотрим оснащенность подразделений Екатеринбургского гарнизона средствами индивидуальной защиты органов дыхания.

*Рис. 1. Прокладка рукавных линий для тушения условного пожара в метрополитене*

*Fig. 1. Laying of sleeve lines for extinguishing a conditional fire in the subway*

Все подразделения гарнизона оснащены дыхательными аппаратами на сжатом воздухе АП «Омега» с временем защитного действия 40 мин, что делает их применение малоэффективным при тушении пожара в метрополитене, особенно на станциях глубокого заложения. Также ряд подразделений оснащены дыхательными аппаратами на сжатом воздухе «ПТС-Профи» с временем защитного действия 100 мин (в лучшем случае, количество газодымозащитников на пожаре будет 13 чел, что позволит сформировать лишь 2 звена газодымозащитной службы). Одно подразделение в Екатеринбургском пожарно-спасательном

*Рис. 2. Давление выхода*

*Fig. 2. Outlet pressure*

гарнизоне оснащено дыхательными аппаратами на сжатом кислороде с временем защитного действия 4 ч (5 чел, что позволит создать одно звено газодымозащитной службы), но в данном аппарате отсутствует спасательное устройство для вывода пострадавших на свежий воздух.

Согласно расписанию выезда, спустя 25 мин на пожар прибудет автомобиль базы газодымозащитной службы, осуществляющий заправку только воздушных баллонов. Данный автомобиль сможет осуществить единовременную заправку 4 баллонов в течение 5 мин.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что в спасении пострадавших сможет участвовать одно звено ГДЗС в количестве пяти человек; этого недостаточно для проведения спасательных работ (количество запаса воздуха позволит осуществить 2—3 спуска для спасения суммарного количества 15 чел (пострадавших). После этого потребуется замена и заправка баллонов. Также стоит отметить, что силы пожарных не запредельны, а, согласно нормативным требованиям, передача аппаратов другим пожарным исключена. Кроме этого, для проведения работ по тушению пожара необходима транспортировка пожарно-технического вооружения, прокладка рукавных линий в непригодной для дыхания среде в условиях конструктивных особенностей метрополитена, что еще больше осложняет работу и требует дополнительного количества дыхательной смеси аппарата.

Существует такое понятие, как минимальное оснащения звена ГДЗС, перечень которого закреплен в нормативных документах (средства связи, освещения, спасательная веревка, ручной инструмент для вскрытия конструкций — ломы, рукавная линия со стволом), без которого звено ГДЗС не имеет право проводить работы в непригодной для дыхания среде. В зависимости от места возникновения пожара и размера возгорания рукавные линии могут достигать большой длины, что ведет к потерям напора и необходимости прокладки большего количества магистральных линий.

Вместе с рукавной арматурой может понадобиться и механизированный пожарный и гидравлический аварийно-спасательный инструмент для вскрытия дверей и конструкций. В итоге можно заключить, что транспортировка пожарно-технического вооружения и прокладка рукавных линий требует большого количества газодымозащитников и влечет за собой серьезные трудозатраты.

Расчет давления, которое газодымозащитники звена могут максимально израсходовать при следовании к очагу пожара (месту работы), в случае, если очаг пожара (место работы) не будет ими найден, кгс/см$^2$ — $P_{max.\ пад}$ проведен по формуле (1) и представлен ниже:

$$P_{max.\ пад} = (P_{min\ вкл} - P_{уст.\ раб})/\ 3 = \\ = (300 - 10)/\ 3 = 97\ Атм, \qquad (1)$$

где $P_{max.\ пад}$ — значение максимального падения давления при движении звена ГДЗС от поста безопасности до конечного места работы, кгс/см$^2$; $P_{min\ вкл}$ — наименьшее в составе звена ГДЗС значение давления в баллонах при включении, кгс/см$^2$; $P_{уст.\ раб}$ — давление воздуха (кислорода), необходимое для устойчивой работы редуктора (кгс/см$^2$), определяется технической документацией завода-изготовителя на изделие, для ДАСВ-10, кгс/см$^2$; 3 — коэффициент, учитывающий необходимый запас дыхательной смеси на обратный путь с учетом непредвиденных обстоятельств, для проведения спасания людей, необходимости дегазации, дезактивации СЗО ИТ (СЗО ПТВ) при их применении.

Расчет давления, при котором звену ГДЗС необходимо выходить из непригодной для дыхания среды (НДС), если

очаг пожара (место работы) не будет найден, кгс/см$^2$ — $P_{вых}$ проведен по формуле (2):

$$P_{вых} = P_{min\ вкл} - P_{max.\ пад} = 300 - 97 = 203\ Атм. \quad (2)$$

Расчет промежутка времени с момента включения в СИЗОД до подачи команды постовым поста безопасности ГДЗС на возвращение звена ГДЗС из НДС, если очаг пожара (место работы) не будет найден, мин — $\Delta T$ проведен по формуле (3):

$$\Delta T = (P_{max.\ пад} \cdot V_б)/(40 \cdot K_{сж}) = (97 \cdot 6{,}8)/(40 \cdot 1{,}1) = 14{,}6\ мин, \quad (3)$$

где $V_б$ — вместимость баллона(ов) 6,8 л согласно характеристикам дыхательного аппарата; 40 — средний расход воздуха (л/мин.); $K_{сж}$ — коэффициент сжимаемости воздуха: $K_{сж} = 1{,}1$.

Все расчеты параметров работы в СИЗОД проводятся по формулам, предусматривающим, сложные условия работы звена ГДЗС (к сложным условиям работы звена относят работы в подземных сооружениях, метрополитене, подвалах со сложной планировкой, трюмах кораблей, зданиях повышенной этажности), представленным в методических рекомендациях. Газодымозащитники работают с аппаратами на сжатом воздухе АП «Омега», стоящими на вооружении Екатеринбургского пожарно-спасательного гарнизона. Параметры проведенных расчетов и константы представлены в табл. 2.

Таким образом, было установлено, что для проведения спасательных работ имеющимися дыхательными аппаратами звеньям газодымозащитной службы отводится 12–14 мин времени. При проведении эксперимента всеми звеньями ГДЗС давление, при котором нужно выходить из непригодной для дыхания среды, достигнуто на последней ступени эскалатора при сходе на платформу станции метро. То есть, с имеющимся оборудованием спасатель не имеет возможности добраться до спасаемого ввиду ограниченности запаса воздуха.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что оснащенность подразделений Екатеринбургского пожарно-спасательного гарнизона средствами индивидуальной защиты органов дыхания АП «Омега» с защитным действием 40 мин делает малоэффективными работы по спасению людей из помещений станций метрополитена, а также невозможным проведение спасательных работ в подвижных составах, на платформах станций и тоннелях метрополитена.

Таблица 2

***Параметры работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в ходе тренировки по тушению условного пожара в метрополитене***
***Parameters of work in respiratory and visual personal protective equipment during training on extinguishing a simulated fire in the subway***

| Наименьшее значение давление воздуха в дыхательном аппарате, атм | Давление воздуха, необходимое для устойчивой работы редуктора, кгс/см$^2$ | Коэффициент, учитывающий необходимый запас дыхательной смеси на обратный путь с учетом непредвиденных обстоятельств | Вместимость баллона, согласно характеристикам дыхательного аппарата, л | Средний расход воздуха, мин | Коэффициент сжимаемости воздуха | $\Delta T$ (промежуток времени с момента включения в СИЗОД до подачи команды на возвращение звена) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 300 | 10 | 3 | 6,8 | 40 | 1,1 | 14 |
| 260 | 10 | 3 | 6,8 | 40 | 1,1 | 12 |

Кроме того, при определенных условиях ситуация может осложниться. Например, при нулевой видимости в условиях реального пожара действия газодымозащитников замедлятся, так же увеличится потребление воздуха из аппарата в экстремальных стрессовых условиях, при повышении частоты сердечных сокращений, что еще более сократит возможное время пребывания звена газодымозащитной службы в непригодной для дыхания среде, на движение газодымозащитника со спасаемым пострадавшим требуется дополнительное количество воздуха (расход спасательного устройства 30 л/мин).

**Заключение**

В результате анализа тренировки в метрополитене сформулированы предложения, которые позволят повысить эффективность аварийно-спасательных работ в метрополитене.

1. Необходимо оснастить все подразделения, привлекаемые к тушению пожаров в метрополитене, согласно расписанию выездов, Екатеринбургского пожарно-спасательного гарнизона, дыхательными аппаратами «ПТС-Профи» в двухбаллонном исполнении и временем защитного действия 100 мин. Таким образом, время, отводимое на проведение спасательных работ, увеличится в два раза и будет достигать 28 мин, что является достаточным для спасения людей с платформ и из подвижных составов метрополитена.

2. Требуется дооснастить подразделения, в районе выезда которых находятся станции Екатеринбургского метрополитена, дыхательными аппаратами на сжатом кислороде ПТС «ОКСИ-Огнеборец» со временем защитного действия 240 мин, что позволит более качественно и за более короткий промежуток времени провести работы по тушению пожара и сократить материальный ущерб.

3. На станциях и переходах метрополитенов следует предусмотреть проектирование безопасных зон с постоянным подпором и циркуляцией воздуха для маломобильных групп населения и людей, ожидающих эвакуации в случае пожара во время пиковой загруженности метрополитена, где они не будут подвержены опасным факторам пожара и смогут дождаться эвакуации.

4. Результаты проведенного исследования показали необходимость модернизации проведения методики расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания. А именно, необходимо учесть расход воздуха спасательного устройства, подключенного к дыхательному аппарату. Кроме того, необходимо разделить объем воздуха аппарата на части: воздух для продвижения к месту работы и работы в непригодной для дыхания среде, воздух на возвращение обратно, резервный объем воздуха для возможных задержек в условиях, непригодных для дыхания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белюченко Д. Ю.* Анализ особенностей развития чрезвычайных ситуаций в метрополитене и процессов их ликвидации // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. — 2012. — № 1. — С. 185—186.

2. *Мясников Д. В.*, *Баринов М. Ф.*, *Лавриненко Д. Ф.* Анализ организации и проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий техногенной катастрофы в московском метрополитене 15 июля 2014 года // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. — 2014. — № 4. — С. 49—58.

3. *Данилов А. И.*, *Маслак В. А.*, *Вагин А. В. Сиваков И. А.* Численное моделирование пожара в вагоне метрополитена // Пожаровзрывобезопасность. — 2017. — № 10. — С. 27 — 35. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.10.27-35.

4. *Грязнова С. А.*, *Хворост Н. В.* Задачи аэродинамики по обеспечению пожаробезопасности метрополитена // Вісник дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. — 2012. — № 41. — С. 152 — 156.

5. *Yang R., Khan F., Taleb-Berrouane M., Kong D.* A time-dependent probabilistic model for fire accident analysis // Fire Safety Journal. 2020, vol. 111, article 102891. DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.102891.

6. *Жуков А. В.*, *Мясников Д. В.*, *Лавриненко Д. Ф.* Методический подход к рациональному распределению задач в ходе аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций на действующих объектах метрополитена // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. — 2014. — № 4. — С. 49 — 58.

7. *Marlair G.* Human behavior as a key factor in tunnel fire safety issues / 6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology. Korea, 2014, pp. 658 — 668.

8. *Hedenfalk J., Wahlstrom B., Rohlen P.* Lessons from Baku subway fire / Proceedings of the Third International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels. France, 1998, pp. 15 — 28.

9. *Fennell D.* Investigation into the King´s Cross Underground Fire. Department of Transport, London, 1988. 65 p.

10. *Gyuyeob J., Wonhwa H.* Characteristic features of the behavior and perception of evacuees from the daegu subway fire and safety measures in an underground fire // Journal of Asian Architecture and Building Engineering. 2009, vol. 8, no. 2, pp. 415 — 422. DOI: 10.3130/jaabe.8.415.

11. *Гарбер В. А.* Нештатные ситуации при строительстве и эксплуатации Московского метрополитена за последние 40 лет // Метро и тоннели. — 2014. — № 3. — С. 34 — 35.

12. *Баев Д. В.*, *Тодосейчук С. П.* К вопросу о разработке методики обоснования тактико-технических требований к комплексу технических средств ликвидации чрезвычайных ситуаций на метрополитене // Технологии гражданской безопасности. — 2013. — Т. 10. — № 3. — С. 44 — 49.

13. *Жуков А. В.*, *Лавриненко Д. Ф.*, *Мясников Д. В.* Постановка задачи обоснования рационального варианта реагирования спасательных формирований на чрезвычайные ситуации на действующих объектах метрополитена // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. — 2018. — № 4. — С. 81 — 89.

14. *Васильцов В. И.*, *Соломатина Е. Н.* Особенности профессиональной подготовки газодымозащитников в республике Беларусь // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2015. — Т. 1. — № 1(6). — С. 238 — 241.

15. *Безуглов О. Е.* Особенности анализа результатов имитационной эргономической оценки деятельности спасателей / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ч. 1. — Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2012. — С. 117 — 118.

16. *Чистяков И. М.*, *Кичайкин В. В.*, *Погожин И. А.*, *Краснов Д. П.* Влияние снижения видимости на пожаре на работу звеньев ГДЗС // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2016. — Т. 1. — № 1(7). — С. 346 — 347.

17. *Батюшев В. М.*, *Бикулов А. В.*, *Легенький К. В.* Особые условия выполнения профессиональных обязанностей газодымозащитников // Пожарная безопасность: Проблемы и перспективы. — 2016. — Т. 1. — № 1(7). — С. 371 — 373.

18. *Захаров Д. Ю.*, *Шипилов Р. М.*, *Давиденко А. С.*, *Орлов Е. А.*, *Волков О. Г.* Определение расхода воздуха при использовании спасательного устройства с дыхательным аппаратом на сжатом воздухе ПТС «ПРОФИ-М» // Современные проблемы гражданской защиты. — 2019. — № 3(32). — С. 42 — 51.

19. *Шарабанова И. Ю.*, *Шипилов Р. М.*, *Харламов А. В.* Применение новых методов подготовки и обучения спасателей, работающих в чрезвычайных ситуациях // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 4. — С. 90.

20. *Стрелец В. М.*, *Бородич П. Ю.*, *Ковалев П. А.* Раскрытие закономерностей расхода запаса воздуха при работе спасателей в аппаратах на сжатом воздухе // Проблемы пожарной безопасности. Сборник научных трудов. Вып. 36. — Харьков, 2014. — С. 236—242. ГИАБ

## REFERENCES

1. Belyuchenko D. Yu. Analysis of the features of the development of emergencies in the metro and the processes of their elimination. *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy*. 2012, no. 1, pp. 185—186. [In Russ].

2. Myasnikov D. V., Barinov M. F., Lavrinenko D. F. Analysis of the organization and conduct of emergency rescue operations in the aftermath of a man-made disaster in the Moscow metro on July 15, 2014. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoy zashchity*. 2014, no. 4, pp. 49—58. [In Russ].

3. Danilov A. I., Maslak V. A., Vagin A. V. Sivakov I. A. Numerical simulation of a fire in a subway car. *Fire and Explosion Safety*. 2017, no. 10, pp. 27—35. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.10.27-35. [In Russ].

4. Gryaznova A. S., Khvorost N. V. Problems of aerodynamics for ensuring fire safety of the metro. *Visnik dnipropetrovs'kogo natsional'nogo universitetu zaliznichnogo transportu im. akademika V. Lazaryana*. 2012, no. 41, pp. 152—156.

5. Yang R., Khan F., Taleb-Berrouane M., Kong D. A time-dependent probabilistic model for fire accident analysis. *Fire Safety Journal*. 2020, vol. 111, article 102891. DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.102891.

6. Zhukov A. V., Myasnikov D. V., Lavrinenko D. F. Methodical approach to the rational distribution of tasks in the course of emergency rescue operations during the liquidation of emergency situations at existing metro facilities. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoy zashchity*. 2014, no. 4, pp. 49—58. [In Russ].

7. Marlair G. Human behavior as a key factor in tunnel fire safety issues. *6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology*. Korea, 2014, pp. 658—668.

8. Hedenfalk J., Wahlstrom B., Rohlen P. Lessons from Baku subway fire. *Proceedings of the Third International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels*. France, 1998, pp. 15—28.

9. Fennell D. Investigation into the King´s Cross Underground Fire. Department of Transport, London, 1988. 65 p.

10. Gyuyeob J., Wonhwa H. Characteristic features of the behavior and perception of evacuees from the daegu subway fire and safety measures in an underground fire. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2009, vol. 8, no. 2, pp. 415—422. DOI: 10.3130/jaabe.8.415.

11. Garber V. A. Emergency situations during the construction and operation of the Moscow Metro over the past 40 years. *Metro i tonneli*. 2014, no. 3, pp. 34—35. [In Russ].

12. Baev D. V., Todoseychuk S. P. On the issue of developing a methodology for substantiating tactical and technical requirements for a complex of technical means of emergency response on the subway. *Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti*. 2013, vol. 10, no. 3, pp. 44—49. [In Russ].

13. Zhukov A. V., Lavrinenko D. F., Myasnikov D. V. Statement of the task of substantiating the rational response of rescue units to emergencies at existing metro facilities. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoy zashchity*. 2018, no. 4, pp. 81—89. [In Russ].

14. Vasiltsov V. I., Solomatina E. N. Features of professional training of gas and smoke protectors in the Republic of Belarus. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*. 2015, vol. 1, no. 1(6), pp. 238—241. [In Russ].

15. Bezuglov O. E. Features of the analysis of the results of the simulated ergonomic assessment of rescuers' activities. P*ozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy. Materialy III*

*Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Fire safety: problems and prospects. Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation], part 1. Voronezh, 2012, pp. 117 – 118. [In Russ].

16. Chistyakov I. M., Kichaykin V. V., Pogozhin I. A., Krasnov D. P. The impact of reduced visibility in a fire on the work of GDZS links. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*. 2016, vol. 1, no. 1(7), pp. 346 – 347. [In Russ].

17. Batyushev V. M., Bikulov A. V., Legenky K. V. Special conditions for the performance of professional duties of gas and smoke protectors. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*. 2016, vol. 1, no. 1(7), pp. 371 – 373. [In Russ].

18. Zakharov D. Y., Shipilov R. M., Davidenko A. S., Orlov E. A., Volkov O. G. Determination of air consumption when using a rescue device with a compressed air breathing apparatus of the PTS «PROFI-M». *Sovremennye problemy grazhdanskoy zashchity*. 2019, no. 3(32), pp. 42 – 51. [In Russ].

19. Sharabanova I. Yu., Shipilov R. M., Kharlamov A. V. Application of new methods of training and training of rescuers working in emergency situations. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014, no. 4, pp. 90. [In Russ].

20. Strelets V. M., Borodich P. Yu., Kovalev P. A. Disclosure of the patterns of air reserve consumption during the work of rescuers in compressed air devices. *Problemy pozharnoy bezopasnosti. Sbornik nauchnykh trudov* [Problems of fire safety. Collection of scientific papers], issue 36. Kharkiv, 2014, pp. 236 – 242. [In Russ].

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Гайнуллин Тимур Фаритович*[1] — аспирант,
e-mail: pronovelinfo@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0003-0724-6997,
*Михеева Елена Владимировна*[1] — канд. биол. наук,
доцент, e-mail: rexband@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0003-3271-1512,
*Архипов Максим Владимирович*[1] — старший преподаватель,
e-mail: max-uggu@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0003-1689-6262,
[1] Уральский государственный горный университет.
**Для контактов:** Михеева Е.В., e-mail: rexband@mail.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*T.F. Gainullin*[1], Graduate Student,
e-mail: pronovelinfo@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0003-0724-6997,
*E.V. Mikheeva*[1], Cand. Sci. (Biol.),
Assistant Professor, e-mail: rexband@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0003-3271-1512,
*M.V. Arkhipov*[1], Senior Lecturer,
e-mail: max-uggu@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0003-1689-6262,
[1] Ural State Mining University,
620144, Ekaterinburg, Russia.
**Corresponding author:** E.V. Miheeva, e-mail: rexband@mail.ru.

Получена редакцией 16.06.2022; получена после рецензии 01.10.2022; принята к печати 10.10.2022.
Received by the editors 16.06.2022; received after the review 01.10.2022; accepted for printing 10.10.2022.