

Перспективы развития дыхательных аппаратов на химически связанном кислороде

Виталий Вячеславович Крымский¹✉, Андрей Борисович Бойцов², Евгений Игоревич Дашкевич¹, Роман Александрович Юрченко¹, Владислав Романович Головенко¹

¹ Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, г. Санкт-Петербург, Россия

² Федеральная противопожарная служба Государственной противопожарной службы Главного управления МЧС России по г. Санкт-Петербургу, г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В данной статье рассмотрены тактико-технические характеристики различных дыхательных аппаратов, стоящих на вооружении газодымозащитной службы в подразделениях пожарной охраны Российской Федерации — дыхательных аппаратов на сжатом воздухе, дыхательных аппаратов на сжатом кислороде, а также обоснована необходимость развития отечественных дыхательных аппаратов на химически связанном кислороде. Актуальностью данной статьи является отсутствие современных отечественных дыхательных аппаратов с длительным периодом защитного действия для эффективного тушения пожаров.

Целью настоящей статьи является усовершенствование оснащения газодымозащитной службы подразделений пожарной охраны наиболее эффективными и подходящими для работы дыхательными аппаратами при тушении пожаров на станциях метрополитена, портовых верфях и судах, подземных паркингах и зданиях повышенной этажности.

Материалы и методы. Используется аналитический подход к рассмотрению средств индивидуальной защиты органов дыхания, которые стоят на вооружении во всех видах пожарной охраны нашей страны, подробно разобраны характеристики различных видов дыхательных аппаратов на химически связанном кислороде и проведен их сравнительный анализ.

Результаты и их обсуждение. В результате исследования были даны рекомендации по улучшению оснащения дыхательными аппаратами подразделений пожарной охраны. Авторами даны рекомендации по внесению некоторых изменений в нормативно-правовые акты Российской Федерации.

Выводы. В результате исследования был получен обоснованный вывод об эффективности и необходимости внедрения дыхательных аппаратов на химически связанном кислороде и доукомплектования ими газодымозащитной службы пожарно-спасательных подразделений. Также в условиях отсутствия дыхательных аппаратов данного типа в данный момент авторами статьи были представлены предложения, которые необходимо взять за основу при производстве совершенно новых дыхательных аппаратов и комплектов лицевых частей с адаптерами для крепления к пожарному шлему, а также даны предложения по внесению изменений в нормативно-правовые документы Российской Федерации и необходимая для их обозначения аббревиатура.

Ключевые слова: тушение пожаров; пожарная охрана; кислородно-изолирующий противогаз; газодымозащитная служба; ликвидация чрезвычайной ситуации

Для цитирования: Крымский В.В., Бойцов А.Б., Дашкевич Е.И., Юрченко Р.А., Головенко В.Р. Перспективы развития дыхательных аппаратов на химически связанном кислороде // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2024. Т. 33. № 4. С. 69–83. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.04.69-83

✉ Крымский Виталий Вячеславович, e-mail: kvv-1982@yandex.ru

Prospects for the development of breathing apparatus using chemically bound oxygen

Vitaliy V. Krymskiy¹✉, Andrey B. Boytsov², Evgeniy I. Dashkevich¹, Roman A. Yurchenko¹, Vladislav R. Golovenko¹

¹ Saint-Petersburg State Fire Service University of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after the Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, Saint Petersburg, Russian Federation

² Federal Fire Fighting Service of the State Fire Fighting Service of the Main Directorate of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters in Saint Petersburg, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. This paper examines the tactical and technical characteristics of various breathing apparatuses in service with the gas and smoke protection service in the fire protection units of the Russian Federation — compressed air breathing apparatus, compressed oxygen breathing apparatus, and also substantiates the need for the development of domestic breathing apparatuses on chemically bound oxygen. The relevance of this paper is the lack of modern domestic breathing apparatus with a long period of protective action for effective fire extinguishing.

Aims and Objectives. The aim of this paper is to improve the equipment of the gas and smoke protection service of fire protection units with the most effective and suitable breathing apparatus for extinguishing fires at metro stations, harbour yards and ships, underground car parks and high-rise buildings.

Materials and methods. An analytical approach is used to consider personal respiratory protection equipment, which are in service in all types of fire protection in our country, the characteristics of various types of chemically bonded oxygen breathing apparatus are analyzed in detail and their comparative analysis is carried out.

Results and their discussion. As a result of the study, recommendations were made to improve the equipment of fire departments with breathing apparatus. The authors gave recommendations for some changes in the regulatory legal acts of the Russian Federation.

Conclusions. A reasonable conclusion was obtained about the effectiveness and necessity of introducing breathing apparatus based on chemically bound oxygen and supplementing them with gas and smoke protection service of fire and rescue units. Also, in the absence of breathing apparatus of this type at the moment, the authors of the paper presented proposals that should be taken as a basis for the production of completely new breathing apparatus and sets of front parts with adapters for attachment to a fire helmet, as well as proposals for amendments to the regulatory legal documents of the Russian Federation and the necessary abbreviation for their designation are given.

Keywords: fire extinguishing; fire protection; oxygen-insulating gas mask; smoke protection service; emergency response

For citation: Krymskiy V.V., Boytsov A.B., Dashkevich E.I., Yurchenko R.A., Golovenko V.R. Prospects for the development of breathing apparatus using chemically bound oxygen. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2024; 33(4):69-83. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.04.69-83 (rus).

✉ Vitaliy Vyacheslavovich Krymskiy, e-mail: kvv-1982@yandex.ru

Введение

Производство и усовершенствование дыхательных аппаратов в нашей стране началось с царских времен, когда еще на вооружении подразделений пожарной охраны (ПО) не было эффективных средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД). Пожарные до XX века шли в дым, зажимая во рту мокрую тряпку или рукавицу, а носовую часть лица закрывали мокрой тканью, что не могло обеспечить необходимую защиту от отравления продуктами горения. Основопологающим моментом в развитии данного направления явилась первая мировая война. После ее окончания на вооружении у Ленинградских пожарных появился «дыхательный прибор» инженера М.Н. Вассермана. В 1926 г. в Ленинградской ПО начали применять немецкие фильтрующие противогазы Дегеа, прибор Дрегер. Но все эти зарубежные дыхательные аппараты не позволяли советской ПО достигать поставленных задач.

Группа единомышленников-энтузиастов во главе с Владимиром Владимировичем Дехтеревым (а также Г.Е. Селицкий и М.Ф. Юскин) были заинтересованы нерешенной проблемой защиты пожарных от воздействия опасных факторов пожара. В те времена были разработаны новые аппараты: кислородно-изолирующие противогазы (КИП). Энтузиасты подробно изучили аспекты работы подразделений горноспасательной службы Донбасса, в частности их опыт тушения крупных пожаров в горных рудниках с применением КИПов.

Непосредственно в Донбассе В.В. Дехтерев и Г.Е. Селицкий ознакомились с материальной частью и принципами работы КИПов, а также получили заключение о допуске к работе с использованием СИЗОД, и особенностями организации газодымозащитной службы (ГДЗС) горноспасательной службы Донбасса. В Ленинграде они продолжили свою работу, исследуя область применения, принципы действия и устройство КИПов, однако, следует отметить, что в те времена мало кто доверял этим аппаратам и многие не использовали их.

В архивных данных приводится описание пожара, произошедшего 18.02.1933 в г. Ленинграде на Международном проспекте (современное наименование — Московский просп. г. Санкт-Петербурга). Пожар возник в подвальном помещении многоквартирного жилого дома. Используя на тот момент все силы и средства при продвижении к очагу пожара, пожарным не удалось достичь результата. Высокая плотность дыма и применение старых, находившихся на вооружении ПО противогазов было неэффективным. На тот момент в безвыходной ситуации руководство тушения пожара (ТП) приняло решение апробировать применение КИПов, которые доставили из Донбасса.

Лично сам В.В. Дехтерев, который был обучен теории применения аппаратов и знал их устройство, был привлечен к ТП. Быстро включившись в аппарат, он, преодолев плотный дым, смог обнаружить очаг пожара в подвале и быстро ликвидировал его. Это событие способствовало принятию решений по орга-

низации отделений ГДЗС, вооруженных КИПами, которые состояли из наиболее подготовленных пожарных, и их обучению основам применения, тактико-техническим характеристикам КИПов на специально разработанных курсах по работе в СИЗОД.

Таким образом, зародилось первое в советской ПО отделение ГДЗС и 01.05.1933 оно было включено в боевой расчет Ленинградского гарнизона ПО [1, 2].

Целью настоящей статьи является усовершенствование оснащения газодымозащитной службы подразделений пожарной охраны наиболее эффективными и подходящими для работы дыхательными аппаратами при тушении пожаров на станциях метрополитена, портовых верфях и судах, подземных паркингах и зданиях повышенной этажности.

Материалы и методы

В 2022 г. на территории Российской Федерации (РФ) произошло 352 323 пожара, что ниже показателей аналогичного периода прошлого года на 9,8 % (390 411 пожаров в 2021 г.). Из более чем 350 тыс. пожаров в 2022 г. свыше 68 тыс. (68 859, 19,5 % от общего количества) пожаров потушено с применением звеньев ГДЗС (рис. 1).

Несмотря на снижение количества пожаров, количество применений звеньев ГДЗС на пожарах остается на уровне 2021 г. (рис. 2).

Если рассматривать динамику за последние 5 лет, то, несмотря на тенденцию снижения деструктивных событий, количество пожаров, потушенных с приме-

нением звеньев ГДЗС, не претерпевает значительных изменений, что свидетельствует о ключевой роли ГДЗС в своевременном оказании помощи пострадавшим, значительном сокращении времени ТП и минимизации экономического ущерба от них [3].

По состоянию на 31 декабря 2022 г. в РФ количество личного состава, аттестованного на право проведения работы в СИЗОД, составило 134 544 человека (рис. 3).

По сравнению с 2021 г. отмечается увеличение списочной численности личного состава ГДЗС территориальных пожарно-спасательных подразделений (ПСП) на 1804 человека или 3,5 %.

По состоянию на конец 2022 г. в подразделениях ПО на вооружении состояли 115 342 дыхательных аппарата на сжатом воздухе (ДАСВ), из которых в резерве — 26 501 единица. В ремонте находились 1541 ДАСВ, а списанию подлежали 30 980 аппаратов.

Общее количество стоящих на вооружении подразделений ПО дыхательных аппаратов на сжатом кислороде (ДАСК) по состоянию на конец 2022 г. составляет 4330 дыхательных аппарата, из которых в резерве — 1048 единиц. В ремонте находились 184 ДАСК, а списанию подлежали 2633 аппарата (рис. 4).

Стоит отметить, что ДАСК стоят в боевом расчете ПСП ФПС ГПС только в некоторых ГУ МЧС России по субъектам РФ, а именно в ГУ МЧС России по Калининградской и Свердловской областям, г. Москве и Санкт-Петербургу.

В подразделениях ФПС ГПС содержатся 64 % ДАСК, срок службы которых превышает 10 лет (рис. 5). Наиважнейшую роль в поддержании ДАСК в исправ-

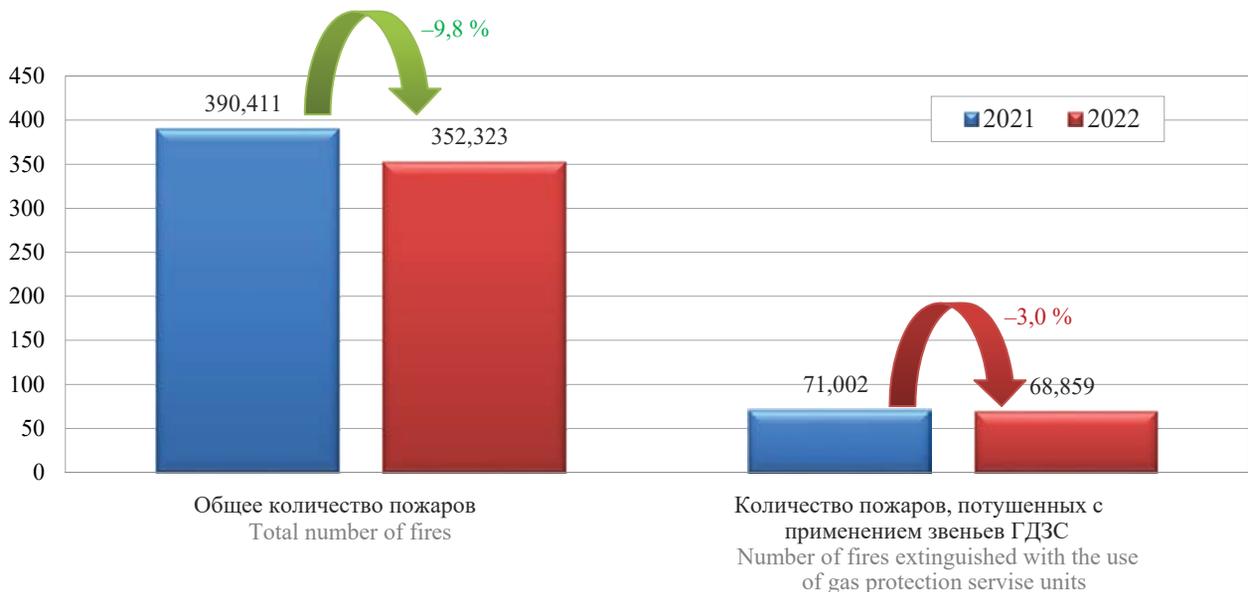


Рис. 1. Общее количество пожаров, количество пожаров, потушенных с применением звеньев ГДЗС (здесь и далее источник статистических данных — «Анализ деятельности газодымозащитной службы за 2022 год») **Fig. 1.** Total number of fires, number of fires extinguished with the use of gas protection service units (hereinafter the source of statistical data “Analysis of the activities of the gas and smoke protection service for 2022”)

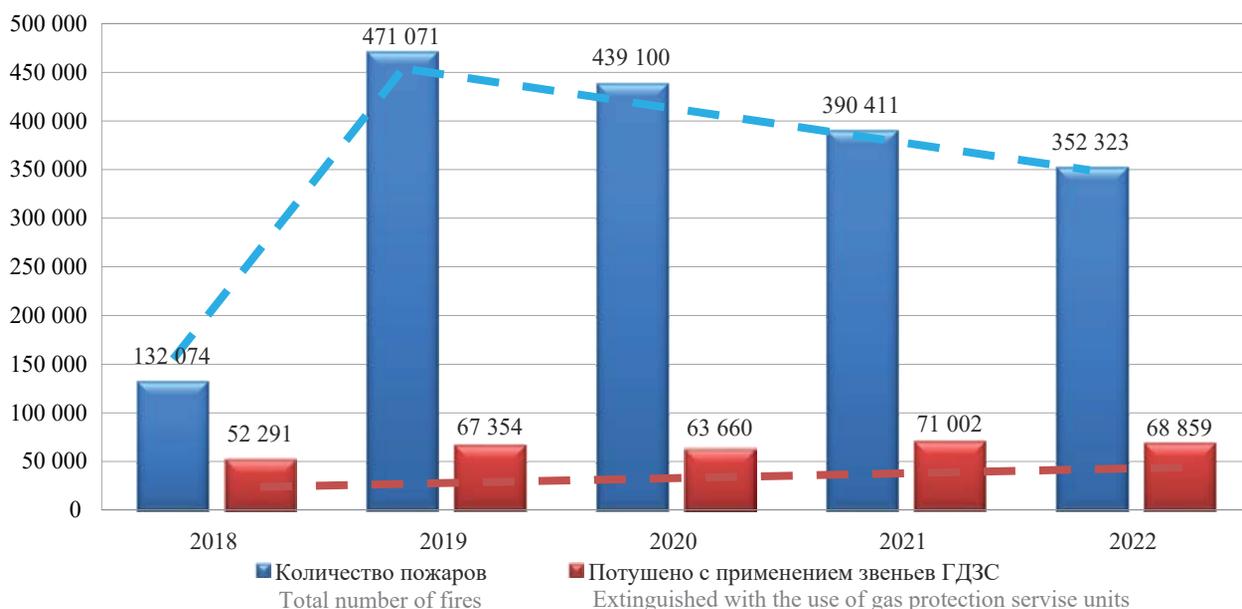


Рис. 2. Статистические данные по количеству пожаров, которые были потушены с применением звеньев ГДЗС за 2018–2022 гг.
Fig. 2. Number of fires extinguished with the use of gas protection service units for 2018–2022 гг.

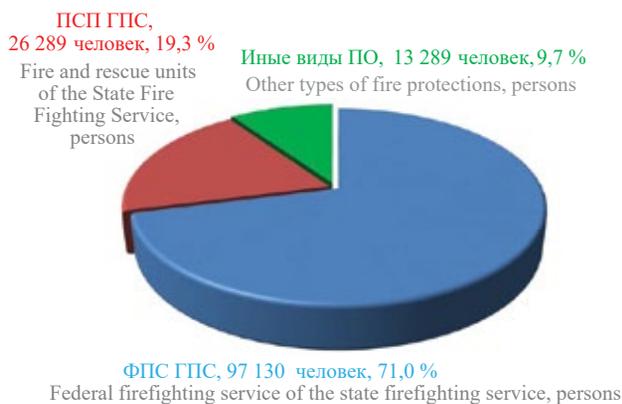


Рис. 3. Количество личного состава ГДЗС в подразделениях ПО РФ

Fig. 3. Number of personnel of gas protection service units in fire-fighting units of the Russian Federation

ном состоянии играет их качественное техническое обслуживание и при необходимости ремонт.

Основное целевое назначение баз ГДЗС — это обеспечение создания условий для технического ремонта, обслуживания и восстановления СИЗОД, устранения неисправностей в их работе, замены отдельных элементов СИЗОД.

По состоянию на конец 2022 г. в подразделениях ФПС ГПС эксплуатируется 5838 установок для проверки СИЗОД, что составляет 64 % от положенных по нормам. В течение 2022 г. техническое обслуживание и ремонт СИЗОД проводились на 799 базах ГДЗС и 2971 обслуживающем посту ГДЗС (рис. 6).

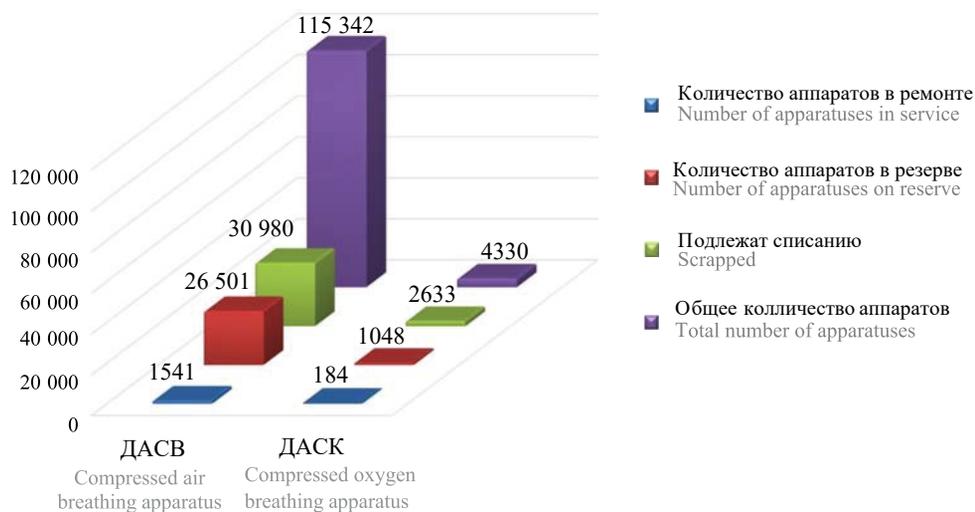


Рис. 4. Статистические данные по количеству дыхательных аппаратов на вооружении ПО РФ

Fig. 4. Statistical data on the number of breathing apparatus in service with the fire brigade of the Russian Federation

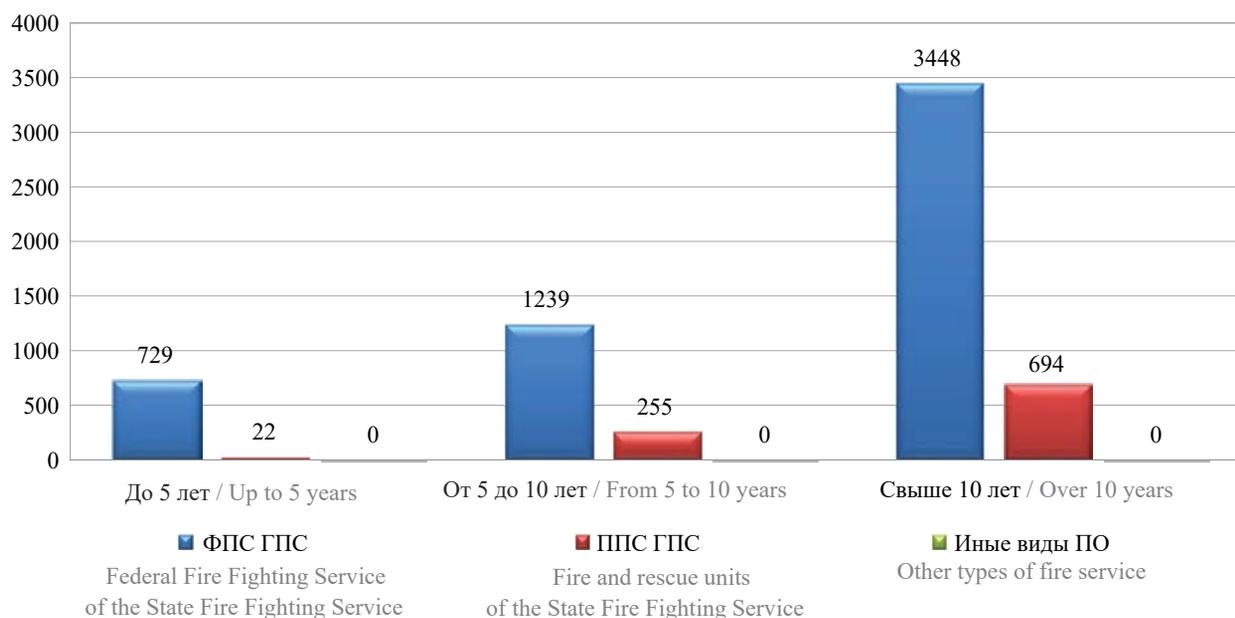


Рис. 5. Состояние ДАСК по срокам эксплуатации
Fig. 5. Status of compressed oxygen breathing apparatus by service life

Анализ состояния технического обеспечения баз ГДЗС в РФ и вопросов их создания показывает, что за последние пять лет количество баз ГДЗС остается практически неизменным, несмотря на это в настоящее время стоит вопрос о низком уровне оснащённости баз ГДЗС и обслуживающих постов ГДЗС ввиду ряда причин, а именно:

1. Естественного износа имеющегося оборудования и невозможности осуществления его ремонта.
2. Недостаточного финансирования для дооснащения соответствующим оборудованием, отдель-

ными запасными частями, инструментами и принадлежностями, инвентарем [4, 5].

Результаты

В целом, если анализировать деятельность ГДЗС ПСП РФ, можно констатировать факт очень малого количества ДАСК на вооружении и, к сожалению, наличия их только в четырех субъектах РФ, хотя станции метрополитена имеются в семи городах РФ, а количество портовых городов шестьдесят семь. Больше всего портов в РФ в Дальневосточном

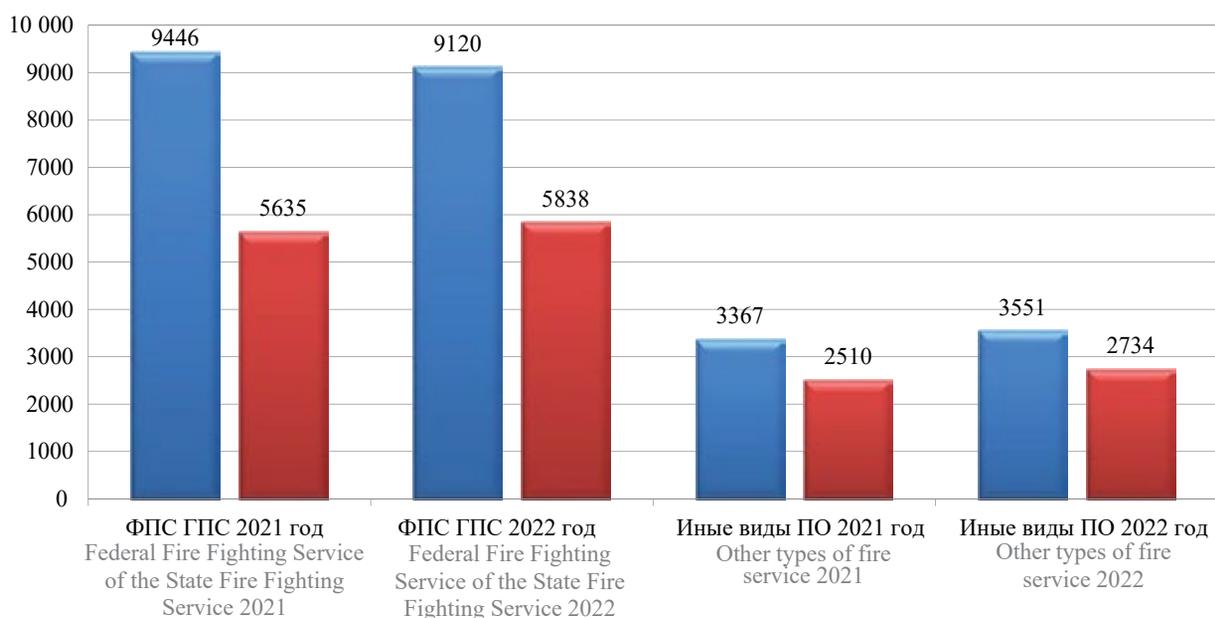


Рис. 6. Количество установок для обслуживания СИЗОД
Fig. 6. Number of installations for maintenance of personal respiratory protection equipment

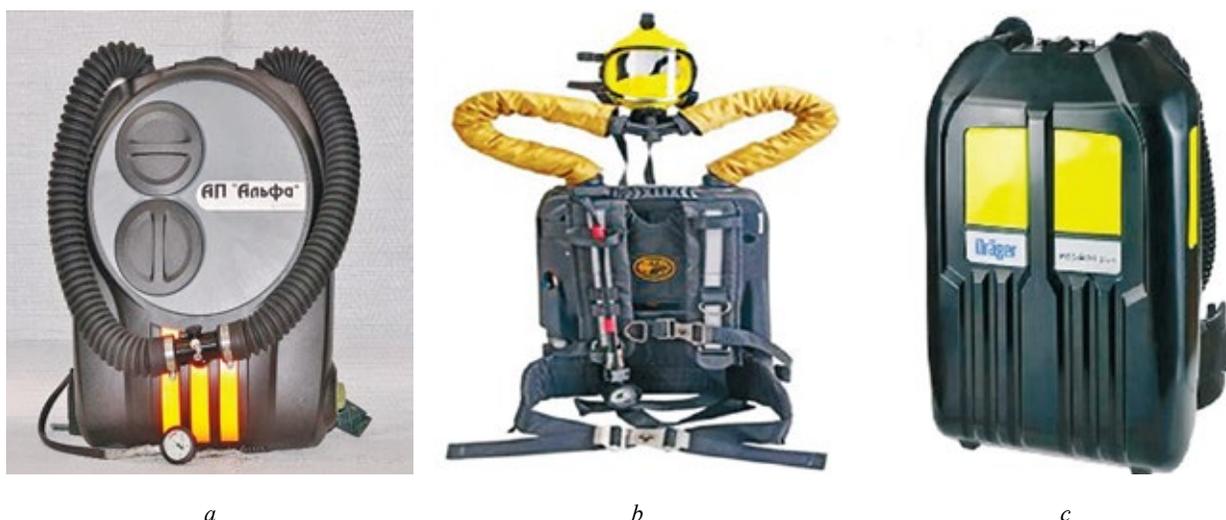


Рис. 7. ДАСК, находящиеся на вооружении ПСП РФ: *a* — общий вид ДАСК «АП Альфа». URL: https://perm.pulscen.ru/products/apparat_dykhatelny_ap_alfa_236722761; *b* — общий вид ДАСК «ПТС Окси огнеборец». URL: <https://satu.kz/p39081018-pts-oksi-ognebores.html>; *c* — общий вид ДАСК «Dräger PSS BG 4 plus». URL: https://www.draeger.com/ru_ru/Products/PSS-BG-4-plus

Fig. 7. Compressed oxygen breathing apparatus in service with fire and rescue units of the Russian Federation: *a* — general view of compressed oxygen breathing apparatus “AP Alfa”. URL: https://perm.pulscen.ru/products/apparat_dykhatelny_ap_alfa_236722761; *b* — general view of compressed oxygen breathing apparatus “PTS Oxy Firefighter”. URL: <https://satu.kz/p39081018-pts-oksi-ognebores.html>; *c* — general view of compressed oxygen breathing apparatus “Dräger PSS BG 4 plus”. URL: https://www.draeger.com/ru_ru/Products/PSS-BG-4-plus

бассейне (22), второй регион по их количеству — Арктический (18).

Номинальное время защитного действия ДАСК составляет не менее 240 мин. Такое количество времени работы в непригодной для дыхания среде (НДС) позволяет ПСП увеличить время работы звеньев ГДЗС при проведении разведки при ТП, а также проводить успешные операции по спасению людей и имущества.

На сегодняшний день и самих моделей ДАСК, стоящих на вооружении в ПСП, очень ограниченное

количество, в связи с тем, что данное направление обеспечения безопасности участников ТП, к сожалению, было «неактуально» несколько лет, а также дороговизной стоимости самих ДАСК, их содержания и ремонта (рис. 7).

В США наиболее известным по популярности среди пожарных является СИЗОД «BioPak 240R» (рис. 8). Это рециркуляционный аппарат на сжатом кислороде (СК). Следует отметить, что внешне ДАСК АП «Альфа» полностью повторяет ДАСК «BioPak 240R». Данный ДАСК — это совместная работа нескольких крупнейших производителей пожарно-спасательного оборудования мирового уровня, среди которых очень известная для пожарных Санкт-Петербурга фирма Scott. Данная модель очень популярна в США как при ТП, так и при работе водолазов при погружении под воду (с некоторыми доработками).

Существует еще один зарубежный аналог ДАСК — дыхательный аппарат на химически связанном кислороде (ХСК), который имеет широкое распространение среди пожарных стран Европейского Союза, но очень затратный из-за его цены при покупке и дороговизны обслуживания — «MSA Auer Air Elite 4h» (рис. 9).

Неоспоримыми положительными особенностями дыхательных аппаратов, работающих на СК, являются очень экономный расход запаса кислорода, а также возможность контроля пожарным, использующим аппарат, запаса кислорода [6] при помощи манометра и наличие специального сигнального устройства, сигнализирующего о снижении давления кислорода в баллоне, что повышает уровень обес-



Рис. 8. Общий вид ДАСК «BioPak 240R». URL: taty-polzovateley/kislorodnye-dykhatelnye-apparaty/

Fig. 8. General view of compressed oxygen breathing apparatus “BioPak 240R”. URL: taty-polzovateley/kislorodnye-dykhatelnye-apparaty/



Рис. 9. Общий вид ДАСК «MSA Auer Air Elite 4h». URL: taty-polzovateley/kislородnye-dyxatelnye-apparaty/

Fig. 9. General view of compressed oxygen breathing apparatus “MSA Auer Air Elite 4h”. URL: taty-polzovateley/kislородnye-dyxatelnye-apparaty/

печения безопасности пользователя. Номинальное время их защитного действия составляет четыре часа при непрерывной работе.

Но, наряду с положительными особенностями, ДАСК имеют и свои недостатки, например:

- не допускается использовать ДАСК при ТП на объектах, где по особенностям технологического процесса использование их использование запрещено;
- запрещается использование ДАСК в комплекте со специальной защитной одеждой от тепловых воздействий, за исключением боевой одежды пожарных и специальной защитной одежды изолирующего типа;
- при оказании помощи газодымозащитнику непосредственно в НДС необходимо для ДАСК наполнить кислородом при помощи устройства дополнительной подачи кислорода (байпаса) дыхательный мешок до срабатывания избыточного клапана;
- сложность в техническом устройстве, что приводит к технологичности и трудоемкости их изготовления, а также настройки системы подачи кислорода;
- сложности в необходимости наличия компрессорного оборудования для заправки баллонов кислородом, которое также необходимо для компенсации утечек кислорода при хранении, а именно при проведении проверок [6].

На практике при проведении работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах ведения горных

работ, когда использование ДАСВ неэффективно, для защиты органов дыхания помимо ДАСК широко применяются респираторы с ХСК. Среди аппаратов подобного класса можно привести такие, как РХ-4Е, РХ-4П, РХП, ДАХ (НИИГД «РЕСПИРАТОР», г. Донецк); РХ-90Т, РХ-90ТМ (ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов).

В Минском городском управлении МЧС Республики Беларусь с 2008 г. введены в эксплуатацию взамен ДАСК двадцать два дыхательных аппарата с ХСК «MSA Auer Air Elite 4h».

Относительно небольшое количество данных СИЗОД позволяет при групповом закреплении организовать работу 4 звеньев ГДЗС в первую очередь на объектах метрополитена. Учитывая небольшую глубину залегания коммуникаций Минского метрополитена и длину перегонных путей не более 1500 м, применение данного типа СИЗОД осуществляется совместно с ДАСВ, укомплектованными двумя воздушными баллонами с увеличенным временем защитного действия. Положительный экономический эффект от принятия на вооружение в подразделения ПО Минского городского управления МЧС СИЗОД с ХСК является существенным с учетом незначительного количества прогнозируемых случаев применения данных СИЗОД.

Из положительных особенностей респираторов на ХСК следует отметить прежде всего простоту конструкции, создание благоприятных условий для дыхания пользователя, низкий расход кислорода.

Использование респираторов ХСК не подразумевает необходимости создания компрессорных станций и наличие специального персонала для их обслуживания. Неоспоримым преимуществом респираторов ХСК является возможность их длительного хранения (до 2 лет) в состоянии боевой готовности к применению, что является главным отличием от изолирующих аппаратов, работающих на СК [6], у которых срок хранения снаряженных регенеративных патронов не превышает 6 месяцев, при условии соблюдения гарантийного срока хранения химического поглотителя.

Следует отметить и отрицательные особенности применения респираторов на ХСК, такие как, например, отсутствие возможности контроля запаса времени работы в НДС. Для обеспечения безопасности пользователя респираторов на ХСК учитывается, что время защитного действия в НДС не должно превышать 10–20 % ниже гарантированного.

Существующий в наши дни опыт научных разработок и промышленного применения дыхательной аппаратуры на ХСК, в первую очередь самоспасателей, выступил базой для разработки современных моделей, созданных за последние годы в РФ. Это респираторы с ХСК в НИИГД «РЕСПИРАТОР» РХ-4Е (рис. 10), РХ-4П, РХП, ДАХ.

Данная модель предназначена для индивидуальной защиты органов дыхания человека при выполнении тяжелых горноспасательных и технологических работ в угольных шахтах и рудниках в НДС. ХСК «РХ-4Е» не имеет зарубежных аналогов (рис. 11).

По сравнению с ДАСК, респиратор с ХСК «РХ-4Е» имеет следующие преимущества [8]:

- адаптированный микроклимат дыхания, обусловленный тем, что энтальпия вдыхаемого воздуха



Рис. 10. Общий вид аппарата на ХСК «РХ-4Е». URL: <https://ua.bizorg.su/respiratory-r/p18240890-respirator-rkh4e>

Fig. 10. General view of chemically bound oxygen apparatus "PX-4E". URL: <https://ua.bizorg.su/respiratory-r/p18240890-respirator-rkh4e>

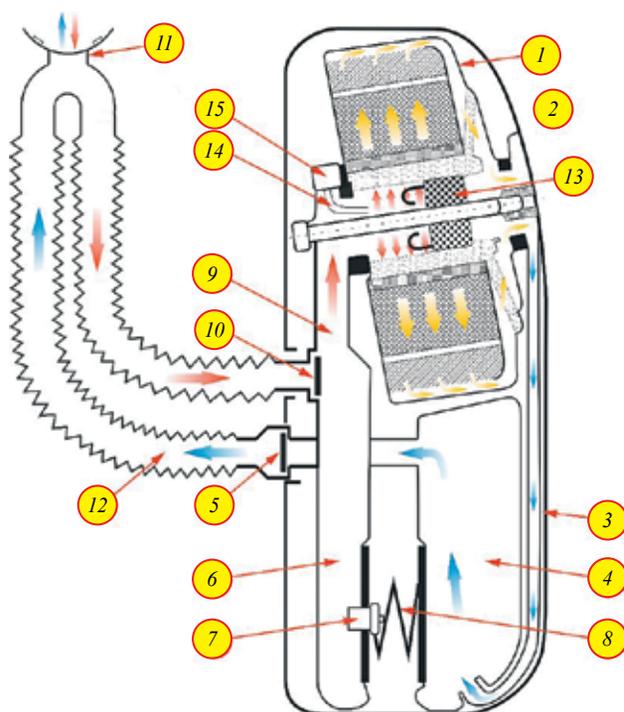


Рис. 11. Принципиальная схема дыхательного аппарата «РХ-4Е»: 1 — регенеративный патрон; 2 — корпус; 3 — теплообменник; 4 — мешок вдоха; 5 — клапан вдоха; 6 — мешок выдоха; 7 — избыточный клапан; 8 — прижимное устройство; 9 — воздуховод выдоха; 10 — клапан выдоха; 11 — лицевая часть; 12 — шланг вдоха; 13 — пусковой брикет; 14 — трубка пускового устройства; 15 — груша пускового устройства [7]

Fig. 11. Principal scheme of the "RX-4E" respirator: 1 — Regenerative cartridge; 2 — Body; 3 — Heat exchanger; 4 — Inhalation bag; 5 — Inhalation valve; 6 — Exhalation bag; 7 — Exhaust valve; 8 — Pressure device; 9 — Exhalation duct; 10 — Exhalation valve; 11 — Face piece; 12 — Inhalation hose; 13 — Starting briquette; 14 — Starting device tube; 15 — Starting device pear [7]

ниже выдыхаемого, таким образом в сравнении с аппаратами других типов дыхательный аппарат «РХ-4Е» отводит тепло из организма человека. Данный факт крайне необходим при проведении работ по ТП под воздействием интенсивного теплового потока, а также при существенных физических нагрузках, испытываемых пожарными в боевой одежде;

- создание условий для равномерной подачи (в меру потребности) кислорода, минимизируя расход его потребления. В регенеративном автономном дыхательном аппарате искусственная атмосфера для дыхания создается за счет регенерации выдыхаемого воздуха путем поглощения диоксида углерода и добавления кислорода из химического вещества в аппарате, после чего регенерированный воздух подается на вдох. Принцип построения данной системы обеспечения дыхания потребителя построен на замкнутом цикле, изолированном от внешней атмосферы;
- рациональное потребление запаса кислорода и, как следствие, увеличение времени защитного

действия (ВЗД) в ожидании помощи до 24 ч, что в несколько раз превышает значения тактико-технических характеристик ДАСК;

- за счет потенциальной возможности использования респиратора в режиме самоспасателя происходит увеличение ВЗД примерно на 15–25 %, обусловлено это тем, что ВЗД респиратора с ХСК регламентируется концентрацией во вдыхаемом воздухе углекислого газа на отметке около 1,5 %, а кислородсодержащая смесь с необходимым количеством кислорода и допустимой концентрацией углекислого газа (до 3 %) поступает на протяжении еще 15–25 % времени от ВЗД;
- низкая себестоимость, обусловленная простотой конструктивных элементов и изделия в целом, низкой трудоемкостью производства;
- отсутствие необходимости в содержании дорогого компрессорного оборудования для обслуживания респираторов. Благодаря этой особенности респираторов их можно готовить к использованию в любых условиях, в том числе непосредственно на пожаре, что значительно повышает показатели оперативности;
- регенерация физиологических функций организма, которая протекает в 5–6 раз быстрее, чем в аппаратах со СК, благодаря высокой температуре в зоне химических реакций регенерации, способствующей «дожиганию» всех продуктов метаболизма человека;
- возможность укомплектования аппарата регенеративными патронами с номинальным ВЗД, равным 2 и 4 ч, что позволяет повысить его тактико-эксплуатационные свойства в зависимости от решаемых задач в различных условиях.

В качестве источника кислорода и поглотителя диоксида углерода в дыхательных аппаратах применяются регенеративные продукты на основе надпероксида калия, сформированного в виде гранул, таблеток или многоканальных блоков.

Несмотря на то что величина удельной энтальпии воздуха в аппарате с ХСК ниже, чем воздуха на выходе из патрона с известковым или щелочным поглотителем диоксида углерода (что создает более комфортные условия дыхания), следствием экзотермического характера протекающих регенеративных процессов являются повышение температуры на вдохе, снижение относительной влажности дыхательной смеси (до 10 %), неоднородный характер отработки продукта, резкое повышение сопротивления дыханию. Это приводит к преждевременному истощению ресурса работы регенеративного патрона при наличии неотработанных гранул продукта [8].

Данный вопрос для ПСП РФ является очень актуальным. Так, например, в одиннадцати ПСП Санкт-Петербурга (СПб) эксплуатируются: ДАСК

ПТС «ОКСИ огнеборец» — 203 единицы и Drager «BG-4» — 277 единиц. Потребность ПСП города в ДАСК, с учетом необходимости индивидуального закрепления за газодымозащитниками, составляет 403 единицы. Учитывая, что в 2025 г. у 80 % эксплуатируемых в ПСП СПб ДАСК ПТС «ОКСИ огнеборец» истекают установленные сроки эксплуатации, возникает необходимость проработки наиболее эффективного плана переоснащения данным типом СИЗОД ПСП СПб [9–11].

В октябре 2018 г. для проведения опытной эксплуатации в ПСП СПб ООО «Торговый дом РУСИНТЕК» предоставило дыхательные аппараты «AirElite 4h» с замкнутым контуром регенерации воздуха для дыхания, в комплекте с дыхательными канистрами на 4 часа работы («AirElite 4h») и комплектом «AirElite 4h HD» (для преобразования в учебное устройство).

Опытная эксплуатация (испытания) дыхательных аппаратов «MSA Auer Air Elite 4h» проводилась под руководством дежурной смены службы пожаротушения в ПСП, эксплуатирующих ДАСК. Опытные образцы аппаратов подверглись испытаниям при проведении тренировок как на свежем воздухе, так и в дымокамере и огневом учебно-тренировочном полигоне в условиях, максимально приближенных к реальной работе на пожарах. Состав возрастной группы при проведении испытаний: сотрудники (работники) ПСП СПб, в возрасте от 25 до 45 лет, со стажем работы от 6 до 24 лет. Оценка работы в предоставленных образцах осуществлялась исходя из субъективных ощущений конкретных газодымозащитников, на основании сравнительного анализа эксплуатации и применения (работы) имеющихся на вооружении в подразделениях дыхательных аппаратов на СК «PSS BG 4 plus» и ПТС «ОКСИ огнеборец».

Основной задачей при проведении испытаний являлось определение степени комфортности (удобства) работы в различных условиях (воздействия температур, ограниченного пространства, нагрузок различной степени тяжести и т.д.). Для сравнительной оценки выбирались упражнения по степени тяжести от «легкой» до «очень тяжелая» в соответствии с оценкой некоторых видов работ и упражнений по степени тяжести.

При нагрузках, характеризующихся по степени тяжести как «тяжелая» и «очень тяжелая», у испытуемых отмечалось увеличение сопротивления дыханию на вдохе. Однако благодаря комфортному температурному режиму дыхательной смеси после нагрузок газодымозащитники достаточно быстро восстанавливались [12, 13].

Испытания образцов дыхательных аппаратов «MSA Auer Air Elite 4h» в теплодымокамере показали, что аппараты сохраняют работоспособность

после кратковременного пребывания в среде с температурой (200 ± 20) °С, при этом температура вдыхаемой газовой смеси была комфортной для работы. Температура окружающей среды, нагрев основных узлов «MSA Auer Air Elite 4h» [14, 15] от воздействия лучистого теплового потока не повлияли на температуру вдыхаемой газовой смеси, что в сравнении с аналогами (дыхательных аппаратов на СК «PSS BG 4 plus» и ПТС «ОКСИ огнеборец») значительно увеличивает эффективность работы в данном типе аппаратов. По общему мнению испытуемых, воздушная смесь при работе в «MSA Auer Air Elite 4h» [16] оставалась сухой вне зависимости от длительности проведения работ и температуры окружающей среды (в отличие от аналогов «PSS BG 4 plus» и ПТС «ОКСИ огнеборец»).

Система контроля и индикатор расхода IC-Air (на правом плечевом ремне) легко доступны и надежно защищены от механических повреждений, размещение индикатора позволяет видеть его показания в лицевой части при проведении периодического контроля значений во время работы в аппарате. Конструкция устройства позволяет контролировать его показания при слабом освещении, солнечном свете и в темноте.

Эргономично выполненные подвесная и амортизирующая системы позволяют удобно зафиксировать аппарат на спине, не вызывая потертостей и ушибов при работе. Возможность циркуляции воздуха между аппаратом и одеждой пожарного предотвращает воздействие на его тело нагретой или охлажденной поверхности корпуса. Системы ремней аппарата оснащены удобными устройствами для регулировки их длины и степени натяжения. Устройство подвесной системы позволяет снимать и перемещать перед собой аппарат без выключения из него при перемещении по тесным помещениям и узким лазам. Учитывая небольшие габариты (что является положительным техническим решением), вес аппарата незначительно больше аналогов («PSS BG 4 plus» и ПТС «ОКСИ огнеборец»).

Выгодное расположение дыхательных шлангов на представленных образцах увеличивает спектр выполняемых газодымозащитниками задач по переноске пожарно-технического вооружения и оборудования (освобождаются плечи, исключается возможность сдавливания дыхательных шлангов, увеличивается угол поворота головы пользователя, и, как следствие, увеличивается угол обзора, что играет немаловажную роль в процессе ликвидации аварий и тушении пожаров).

В значительной мере при расчете экономической эффективности укомплектования данными аппаратами следует отметить, что, согласно име-

ющейся технической документации, для его содержания и хранения отдельно развивать инфраструктуру (оборудование помещений для наполнения и снаряжения поглотителя химического известкового (ХП-И), компрессорных станций, закупки компрессорного оборудования, ХП-И и т.д.) нет необходимости. Возможность длительного хранения снаряженных аппаратов без периодических проверок указывает на высокий уровень ответственности изготовителя оборудования в выборе материалов и конструктивной схеме аппарата. Широкий ассортимент канистр для данных аппаратов (в том числе учебных), предусмотренных производителем, дает возможность пользователям оборудования самостоятельно произвести расчет экономической эффективности с учетом планирования учебных занятий и возможного применения данных аппаратов при ТП [17–20].

Выводы

1. Приоритетность применения дыхательных аппаратов с четырехчасовым сроком защитного действия ГДЗС ПСП СПб и в целом РФ обусловлена необходимостью организации и проведения работ по ТП в НДС, на имеющихся в районах выезда станций метрополитена и иных подземных коммуникаций глубокого заложения, строящихся и находящихся на плаву морских судов на верфях и в портах, подземных автостоянках и зданиях повышенной этажности, подвальных и технологических помещений сложной планировки.

2. К достоинствам аппаратов на ХСК относятся: простота конструкции, экономичный и равномерный расход кислорода, высокое удельное ВЗД, высокие гарантийные сроки хранения регенеративного продукта, возможность длительного пребывания в состоянии ожидания использования при минимальных проверках готовности в течение хранения, возможность при организации учебного процесса использовать учебные канистры без использования регенеративного продукта, что вне всяких сомнений имеет высокий эффект экономии финансовых средств. При их применении исключается необходимость иметь кислородонаполнительные пункты или криогенное хозяйство. К недостаткам аппаратов на ХСК относятся: невозможность осуществления длительных перерывов в работе (более 1–2 часов), высокая стоимость одного включения из-за цены регенеративного продукта (разового применения), высокая объемная доля кислорода во вдыхаемом продукте (до 99 %).

3. Опытная эксплуатация в ПСП СПб дыхательных аппаратов на ХСК «MSA Auer Air Elite 4h» показала, что в сравнении с имеющимися в эксплуатации в ПСП СПб ДАСК дыхательные аппараты на ХСК

более комфортны в части, касающейся поддержания оптимального температурного режима дыхательной смеси, после нагрузок сотрудники ПСП достаточно быстро восстанавливались.

4. Для совершенствования конструкции лицевой части СИЗОД, повышения удобства и эргономики конструкции необходимо рассмотреть вопрос о разработке лицевых частей с адаптерами для крепления к пожарному шлему аналогично конструкции компании Drager. Данная конструкция позволит сделать включение более быстрым, оперативным и безопасным. Безопасность включения в дыхательный аппарат при ТП достигается отсутствием необходимости снятия пожарного шлема при включении газодымозащитника в СИЗОД.

В варианте исполнения лицевой части наиболее удобен вариант использования оголовья в виде сетки с текстильной ременной системой с увеличенным углом обзора аналогично конструкции дыхательных аппаратов компании Scott, используемые в дыхательных аппаратах Scott 2.2, а также Scott 4.5.

Данная конструкция позволит повысить надежность узла крепления, особенно в условиях колебания температур. Также, принимая во внимание повышенную влажность воздуха при работе в СИЗОД на ХСК, возможно дополнение дыхательного аппарата стеклоочистителем либо вариантом исполнения с функцией антизапотевания. При использовании стеклоочистителя необходимо рассмотреть вопрос об использовании не поликарбонатного стекла лицевой части, а триплексного с повышенной абразивной стойкостью.

Принимая во внимание анатомические особенности газодымозащитников, с целью обеспечения максимального комфорта и надежности прилегания лицевой части стоит рассмотреть возможность выпуска 3 размеров лицевых частей с разделением их по цветам для наиболее удобной идентификации.

5. В условиях жесточайших санкций в отношении РФ и невозможности обслуживания приобретенных ранее ДАСВ и ДАСК иностранного производства во всех видах ПО необходимо МЧС России и Министерству промышленности и торговли РФ в кратчайшие сроки рассмотреть вопрос разработки современных ДАСК отечественного производства с учетом наработанных в этой области инженерных решений и практического опыта (использования ДАСК).

6. Перспективами развития дыхательных аппаратов на ХСК в последние 2 десятка лет занимаются НИИГД «Респиратор» (ДНР) и ОАО «Корпорация «Росхимзащита» (Россия), при этом кислородосодержащий продукт, разрабатываемый ОАО «Корпорация «Росхимзащита», обладает в 1,6–1,7 раза

выше сорбционной способностью по сравнению с серийно выпускаемым продуктом ОКЧ-3. Продукция НИИГД «Респиратор», в частности респиратор Р-30, по мнению большинства респираторщиков СПб, эксплуатирующих данные СИЗОД в период до 2002 г., имеет большое количество положительных отзывов, в сравнении с образцами оборудования, производимыми ОАО «КАМПО» и ООО «ПТС». Большой накопленный опыт НИИГД «Респиратор» (ДНР) и ОАО «Корпорация «Росхимзащита» (Россия) может способствовать развитию направления в техническом переоснащении подразделений ПО дыхательными аппаратами на ХСК.

7. Потребность в дыхательных аппаратах с условным временем защитного действия не менее 240 мин ПСП СПб, с учетом индивидуального закрепления за личным составом отделений ГДЗС, составляет порядка 800 ед. (ДАСК). При индивидуальном закреплении дыхательных аппаратов на ХСК достаточное количество — 250 ед. Учитывая экономическую эффективность от принятия на вооружение данного типа СИЗОД, вопрос о разработке современного типа дыхательного аппарата с условным временем защитного действия не менее 240 мин, с ХСК является в значительной степени актуальным.

8. После разработки и серийного производства в РФ СИЗОД на ХСК для подразделений ПО необходимо внести изменения в технический регламент ТР ЕАЭС 043/2017 как самостоятельный тип изолирующего СИЗОД на ХСК для ПСП. И, как следствие, разработать национальный стандарт, в котором бы содержались требования и методы испытаний к такому типу пожарно-технической продукции. Далее внести изменения в п. 5 ГОСТа Р 58446–2019¹ с добавлением туда аббревиатуры — дыхательный аппарат на химически связанном кислороде (ДАХСК).

9. После внесения изменений в технический регламент ТР ЕАЭС 043/2017² и п. 5 ГОСТа Р 58446–2019¹ необходимо также внести изменения в Приказ МЧС РФ № 640³ и другие нормативные документы РФ, добавив в них аббревиатуру ДАХСК.

¹ ГОСТ Р 58446–2019. Техника пожарная. Комплект снаряжения для оснащения личного состава звена газодымозащитной службы.

² ТР ЕАЭС 043/2017. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения : Технический регламент Евразийского экономического союза.

³ Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны : Приказ МЧС России от 27 июня 2022 г. № 640.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Крымский В.В., Ильницкий С.В., Гайдукевич А.Е. 9.2. Автоматизация учета, эксплуатации, испытаний и работы пожарной техники и пожарно-технического вооружения и оборудования // Аудит и финансовый анализ. 2020. № 1. С. 238–242. DOI: 10.38097/AFA.2020.16.25.034. EDN MPZTKB.
2. Kim S.J., Nam S. Evaluation of air quality inside self-contained breathing apparatus used by firefighters // Fire. 2023. Vol. 6. No. 9. P. 347. DOI: 10.3390/fire6090347. EDN CHRYLH.
3. Kim S.J., Nam S. Система риск-контроллинга промышленного предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2014. № 2 (192). С. 114–122. EDN SCHRRD.
4. Крымский В.В. 8.11. Оценка ущерба специалистами в области техногенных и природных чрезвычайных ситуаций // Аудит и финансовый анализ. 2016. № 5. С. 408–411. EDN XIELCL.
5. Польшко С.В., Дашкевич Е.И., Турсенов С.А., Крымский В.В., Вакуленко С.В. Организация, управление и оборудование газодымозащитной службы. СПб. : Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023. 440 с. EDN EGUCWW.
6. Горбатов В.А., Путин С.Б. Респиратор РХ-90Т — новое отечественное средство защиты органов дыхания горноспасателей // Безопасность труда в промышленности. 2005. № 8. С. 36–37. EDN JUQFTF.
7. Кирьян А.П. Респиратор с химически связанным кислородом для защиты спасателей при ликвидации пожаров и аварий // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. № 1 (2). С. 132–138. EDN WQCCXX.
8. Кирьян А.А. Тенденции развития респираторов с химически связанным кислородом // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2021. № 3 (10). С. 210–216. EDN UMUXSI.
9. Ехилевский С.Г., Потапенко Е.П. Совершенствование изолирующих дыхательных аппаратов на химически связанном кислороде // Инновационное развитие современной науки: актуальные вопросы теории и практики : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. г. Пенза, 12 апреля 2021 г. Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2021. С. 46, 53.
10. Гладышев Н.Ф., Гладышева Т.В., Симаненков Э.И., Соломенко Е.В., Путин С.Б. Теплоаккумулирующий материал с изменением фазового состояния для кислородного самоспасателя нового поколения // Российский химический журнал. 2013. Т. 57. № 1. С. 109–119.
11. Ехилевский С.Г., Потапенко Е.П. Оптимизация теплового режима изолирующего дыхательного аппарата на химически связанном кислороде // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. 2021. Т. 66. № 1. С. 101–109. DOI: 10.29235/1561-8358-2021-66-1-101-109. EDN RMPLNS.
12. Алдабеков А.Т. Обзорная статья по созданию дыхательных аппаратов на сжатом кислороде // Гражданская оборона на страже мира и безопасности : мат. VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Всемирному дню гражданской обороны в год 90-летия со дня образования Академии ГПС МЧС России. г. Москва, 1 марта 2023 г. В 5-ти ч. Ч. II. М. : Академия ГПС МЧС России, 2023. С. 389–395. EDN WGYDDF.
13. Verešová T., Svetlík J., Kalužník D. Verification of tactical and technical data of the breathing apparatus // Proceedings of CBU in Natural Sciences and ICT. 2021. Vol. 2. Pp. 100–104. DOI: 10.12955/pns.v2.160
14. Liu B., Zhang Y., Xu K., Zhang Y., Hao Z., Ma N. Study on a new type of composite powder explosion inhibitor used to suppress underground coal dust explosion // Applied Sciences. 2021. Vol. 11. No. 18. P. 8512. DOI: 10.3390/app11188512
15. Rutić S.Z., Stojisavljević P.N. Ocenjivanje usaglašenosti sredstava za zaštitu tela u skladu sa zahtevima standarda za zaštitnu odeću // Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier. 2018. Vol. 66. No. 3. Pp. 650–665. DOI: 10.5937/vojtehg66-13728
16. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Какова «стоимость» пожаров в современном мире? // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2020. Т. 29. № 1. С. 79–88. DOI: 10.18322/PVB.2020.29.01.79-88. EDN AJXKQH.
17. Corrêa C., Falcão A.G., Pereira Da Silva B.A., Martins W., Beça L., Melo Neto A.A. Firefighting: intensive training and improvement in air consumption in self-contained breathing apparatus (SCBA) // Concilium. English Language Edition. 2023. Vol. 23. No. 13. Pp. 127–133. DOI: 10.53660/clm-1540-23h61a. EDN WWSWLR.
18. Li J., Wang Y., Jiang R., Li J. Quantifying self-contained breathing apparatus on physiology and psychological responses during firefighting : a systematic review and meta-analysis // International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2023. Vol. 29. Issue 1. Pp. 77–89. DOI: 10.1080/10803548.2021.2024020
19. 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. EDN XYXVFJ.

20. Захаров Е.Ю., Соколов Г.П. Анализ химических составов регенеративных патронов, используемых в изолирующих дыхательных аппаратах на химически связанном кислороде // Актуальные вопросы пожаротушения : сб. мат. II Всеросс. науч.-практ. конф. Иваново, 28 мая 2021 года. Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 130–133. EDN BFWUMX.

REFERENCES

1. Krymsky V.V., Ilnitsky S.V., Gaidukevich A.E. 9.2. Automation of accounting, operation, testing and operation of fire equipment and fire-technical weapons and equipment. *Audit and Financial Analysis*. 2020; 1:238-242. DOI: 10.38097/AFA.2020.16.25.034. EDN MPZTKB. (rus).
2. Kim S.J., Ham S. Evaluation of air quality inside self-contained breathing apparatus used by firefighters. *Fire*. 2023; 6(9):347. DOI: 10.3390/fire6090347. EDN CHRYLH.
3. Krymsky V.V., Pankov A.E. System of risk controlling industrial enterprises. *Scientific and Technical Bulletin of the St. Petersburg State Polytechnic University. Economic sciences*. 2014; 2(192):114-122. EDN SCHRRD. (rus).
4. Krymsky V.V. 8.11. Damage assessment experts in the field of technogenic and natural emergency situations. *Audit and Financial Analysis*. 2016; 5:408-411. EDN XIELCL. (rus).
5. Polynko S.V., Dashkevich E.I., Tursenev S.A., Krymskiy V.V., Vakulenko S.V. *Organization, Management and Equipment of the Gas and Smoke Protection Service*. St. Petersburg, St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense of the Russian Federation, emergency situations and elimination of consequences of natural disasters named after the Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, 2023; 440. EDN EGUCWW. (rus).
6. Gorbатов V.A., Putin S.B. Respirator RH-90T — a new domestic means of protecting the respiratory organs of rescuers. *Occupational safety in industry*. 2005; 8:36-37. EDN JUQFTF. (rus).
7. Kiryan A.P. Respirator with chemically related oxygen for the protection of rescuers while eliminating fires and accidents. *Fire and Technosphere Safety: Problems and Ways of Improvement*. 2019; 1(2):132-138. EDN WQCCXX. (rus).
8. Kiryan A.A. Development trends of respirators with chemically bond oxygen. *Fire and Technosphere Safety: Problems and Ways of Improvement*. 2021; 3(10):210-216. EDN UМУKSI. (rus).
9. Yekhilevsky S.G., Potapenko E.P. Improvement of insulating breathing apparatus on chemically bound oxygen. *Innovative Development of Modern Science: Topical Issues of Theory and Practice : collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Penza, April 12, 2021*. Penza, 2021; 46, 53. (rus).
10. Gladyshev N.F., Gladysheva T.V., Simanenkov E.I., Solomenko E.V., Putin S.B. Heat storage material with phase change for a new generation oxygen self-rescuer. *Russian Chemical Journal*. 2013; 57(1):109-119. (rus).
11. Yekhilevsky S.G., Potapenko E.P. Optimization of the thermal regime of the insulating breathing apparatus on chemically bound oxygen. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Physical and Technical Sciences*. 2021; 66(1):101-109. DOI: 10.29235/1561-8358-2021-66-1-101-109. EDN RMPLNS. (rus).
12. Aldabekov A.T. Review article on creation compressed oxygen breathing apparatus. *Civil Defense on Guard of Peace and Security : materials of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to World Civil Defense Day in the Year of the 90th anniversary of the formation of the Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Moscow, March 1, 2023. In 5 parts, Part II*. Moscow, Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, 2023; 389-395. EDN WGYDDF. (rus).
13. Verešová T., Svetlík J., Kalužník D. Verification of tactical and technical data of the breathing apparatus. *Proceedings of CBU in Natural Sciences and ICT*. 2021; 2:100-104. DOI: 10.12955/pns.v2.160
14. Liu B., Zhang Y., Xu K., Zhang Y., Hao Z., Ma N. Study on a new type of composite powder explosion inhibitor used to suppress underground coal dust explosion. *Applied Sciences*. 2021; 11(18):8512. DOI: 10.3390/app11188512
15. Rutić S.Z., Stojisavljević P.N. Ocenjivanje usaglašenosti sredstava za zaštitu tela u skladu sa zahtevima standarda za zaštitnu odeću. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*. 2018; 66(3):650-665. DOI: 10.5937/vojtehg66-13728 (srb).
16. Brushlinsky N.N., Sokolov S.V. How much is the fire “cost” in the modern world? *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2020; 29(1):79-88. DOI: 10.18322/PVB.2020.29.01.79-88. EDN AJXKQH. (rus).
17. Corrêa C., Falcão A.G., Pereira Da Silva B.A., Martins W., Beça L., Melo Neto A.A. Firefighting: intensive training and improvement in air consumption in self-contained breathing apparatus (SCBA). *Concilium. English Language Edition*. 2023; 23(13):127-133. DOI: 10.53660/clm-1540-23h61a. EDN WWSWLR.
18. Li J., Wang Y., Jiang R., Li J. Quantifying self-contained breathing apparatus on physiology and psychological responses during firefighting : a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2023; 29(1):77-89. DOI: 10.1080/10803548.2021.2024020

19. Grinchenko B.B., Tarakanov D.V. Safety management model for firefighting in unsuitable for breathing environment. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2018; 27(6):45-51. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.06.45-51. EDN XYXVFJ. (rus).
20. Zakharov E.Yu., Sokolov G.P. Analysis of chemical compositions of regenerative cartridges used in insulating breathing apparatus with chemically bound oxygen. *Topical Issues of Fire Extinguishing : collection of materials of the II All-Russian Scientific and practical conference, Ivanovo, May 28, 2021*. Ivanovo, Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2021; 130-133. EDN BFWUMX. (rus).

Поступила 02.04.2024, после доработки 05.07.2024;

принята к публикации 10.07.2024

Received April 2, 2024; Received in revised form July 5, 2024;

Accepted July 10, 2024

Информация об авторах

КРЫМСКИЙ Виталий Вячеславович, канд. эконом. наук, доцент, доцент кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 149; ORCID: 0000-0001-8289-691X; e-mail: kvv-1982@yandex.ru

БОЙЦОВ Андрей Борисович, начальник службы пожаротушения Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы Главного управления МЧС России по г. Санкт-Петербургу, Россия, 190031, г. Санкт-Петербург, наб. Реки Мойки, 85; ORCID: 0009-0009-8258-6167; e-mail: andrey.boytsov.78@yandex.ru

ДАШКЕВИЧ Евгений Игоревич, преподаватель кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, 149; ORCID: 0000-0003-3825-1094; e-mail: dashkevich_ei@mail.ru

ЮРЧЕНКО Роман Александрович, преподаватель кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, 149; ORCID: 0000-0003-0355-3295; e-mail: ray1981@yandex.ru

ГОЛОВЕНКО Владислав Романович, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации, Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам

Information about the authors

Vitaliy V. KRYMSKIY, Cand. Sci. (Econom.), Docent, Associate Professor of Department of Fire Fighting and Rescue Management, Saint-Petersburg State Fire Service University of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after the Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, Moskovskiy Ave., 149, Saint-Petersburg, 196105, Russian Federation; ORCID: 0000-0001-8289-691X; e-mail: kvv-1982@yandex.ru

Andrey B. BOYTSOV, Head of Fire Fighting Service of the Federal Fire Fighting Service of the State Fire Fighting Service of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in Saint Petersburg, nab. Moika River, 85, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation; ORCID: 0009-0009-8258-6167; e-mail: andrey.boytsov.78@yandex.ru

Evgeniy I. DASHKEVICH, Lecturer, Department of Fire Fighting and Rescue Management, Saint-Petersburg State Fire Service University of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after the Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, Moskovskiy Ave., 149, Saint-Petersburg, 196105, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-3825-1094; e-mail: dashkevich_ei@mail.ru

Roman A. YURCHENKO, Lecturer, Department of Fire Fighting and Rescue Management, Saint-Petersburg State Fire Service University of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after the Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, Moskovskiy Ave., 149, Saint-Petersburg, 196105, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-0355-3295; e-mail: ray1981@yandex.ru

Vladislav R. GOLOVENKO, Postgraduate Student, Saint-Petersburg State Fire Service University of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after

гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, 149; ORCID: 0000-0003-4187-281X; e-mail: golovenko.vlad@mail.ru

Вклад авторов:

Крымский В.В. — *идея; научное редактирование текста.*

Бойцов А.Б. — *поиск информации; редактирование текста.*

Дашкевич Е.И. — *поиск информации; редактирование текста.*

Юрченко Р.А. — *работа с графическим материалом.*

Головенко В.Р. — *обработка материала; редактирование текста; оформление статьи.*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

the Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, Moskovskiy Ave., 149, Saint-Petersburg, 196105, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-4187-281X; e-mail: golovenko.vlad@mail.ru

Contribution of the authors:

Krymskiy V.V. — *idea; scientific text editing.*

Boytsov A.B. — *information search; text editing.*

Dashkevich E.I. — *information search; text editing.*

Yurchenko R.A. — *working with graphic material.*

Golovenko V.V. — *material processing; text editing; and article design.*

The authors declare no conflicts of interests.