

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СО СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ НА СТАБИЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ЛЕГОЧНОГО АВТОМАТА

Лахвич В.В., Морозов А.А., Козлов Е.А., Шатилов Ю.С., Аниськов В.И.

Цель. Экспериментально оценить влияние различных условий эксплуатации дыхательного аппарата со сжатым воздухом на стабильность работы легочного автомата дыхательного аппарата со сжатым воздухом.

Методы. Эмпирические методы исследования включали эксперимент и измерение. Теоретические методы были представлены анализом и обобщением литературных источников, а также статистической обработкой и обобщением полученных экспериментальных данных.

Результаты. На основании проведенных эксплуатационных испытаний установлено, что снижение температуры окружающей среды (до $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$) в условиях повышенной влажности и имитации воздействия водяного аэрозоля (тушение) приводит к возникновению усилия на вдох. При повышении интенсивности работы процесс дыхания становится более сложным ввиду повышения количества потребляемого воздуха, а в отдельных случаях – невозможным. Основной причиной отказа является обледенение седла и тарелки клапана вдоха, приводящее к их механическому залипанию и полной блокировке подачи воздуха в подмасочное пространство, а также к нарушению непрерывности подачи воздуха в подмасочное пространство.

Область применения исследований. Результаты исследований могут быть использованы Министерством по чрезвычайным ситуациям при разработке рекомендаций по безопасной эксплуатации дыхательных аппаратов в условиях низких температур: контроль и профилактика обледенения, действия при первых признаках увеличения сопротивления дыханию.

Ключевые слова: дыхательный аппарат на сжатом воздухе, легочный автомат, обледенение, низкие температуры, надежность, пожарная безопасность.

(Поступила в редакцию 9 января 2026 г.)

Введение

Анализ оперативных данных показывает, что в Республике Беларусь ежегодно регистрируется свыше 5 тысяч пожаров, при ликвидации порядка 40 % из которых (около 2 тысяч) применяются аппараты со сжатым воздухом (АСВ), что обеспечивает спасение более 200 человеческих жизней. АСВ являются основным средством индивидуальной защиты органов дыхания и зрения спасателей при работе в непригодной для дыхания среде. Надежность АСВ в экстремальных условиях является ключевым фактором безопасности как самого спасателя, так и людей, которых он спасает^{1, 2}.

Актуальность изучения конкретных эксплуатационных проблем АСВ определяется также структурой оснащения средствами индивидуальной защиты. В настоящее время на вооружении органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям (далее – ОПЧС) находится более 9000 дыхательных аппаратов различных производителей, включая ведущие зарубежные (Drager, MSA Auer, Scott) и отечественный – БДА. Количественный анализ показывает, что наибольшую долю составляют аппараты Drager – порядка половины всех имеющихся АСВ (50 %), а отечественные БДА – около четверти (25 %). Соответственно, на эти аппараты приходится совокупно примерно 75 % от общего количества имеющихся в ОПЧС. Таким образом, в качестве объектов исследования были выбраны АСВ именно этих двух производителей. Также в качестве опытного образца Научно-исследовательским институтом пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Университета гражданской защиты

¹ Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом с открытым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 53255-2019. – Введ. 01.02.2020. – М.: Стандартинформ. – IV, 40 с.

² Система стандартов пожарной безопасности. Средства индивидуальной защиты пожарных. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.14.03-2008. – Введ. 01.06.2009. – М.: Стандартинформ. – III, 39 с.

(далее – НИИ ПБиЧС) были представлены дыхательные аппараты со сжатым воздухом, оборудованные системой телеметрии MTS RHZK Series, производства Китайской Народной Республики. Это дыхательные аппараты, в которых в качестве манометра используется многофункциональный модуль, выполняющий функции манометра, датчика неподвижного состояния, датчика температуры окружающей среды, тепловизора, фонарика и оснащенный жидкокристаллическим дисплеем.

При проведении экспериментального исследования сфокусировались на принципах работы и конструктивных особенностях АСВ, которые влияют на его работоспособность и в конечном счете – на результат проведения аварийно-спасательных работ.

Все аппараты выполнены по открытой (незамкнутой) схеме с выдохом в атмосферу. На рисунке 1 представлена принципиальная схема устройства АСВ, который работает следующим образом: при открытии вентиля воздух под высоким переменным давлением поступает из баллона в редуктор, в котором давление понижается до постоянно низкого (редуцированного). В случае нарушения работы редуктора и, как следствие, повышения редуцированного давления воздуха срабатывает предохранительный клапан. Из полости редуктора воздух по воздухопроводному шлангу поступает в легочный автомат и к разъему, к которому подсоединяется спасательное устройство. При вдохе воздух из полости легочного автомата через промежуточный клапан поступает в полость лицевой маски. При этом происходит обдув панорамного стекла лицевой части, что исключает его запотевание. Для выхода воздуха в атмосферу открывается клапан выдоха, расположенный в клапанной коробке. Пружина поджимает клапан выдоха с усилием, позволяющим поддерживать в подмасочном пространстве лицевой части заданное избыточное давление. Для контроля запаса воздуха в баллоне воздух из полости редуктора поступает в манометр. При исчерпании рабочего запаса воздуха в баллоне открывается клапан сигнального устройства. При этом издается непрерывный звуковой сигнал, предупреждая о необходимости немедленного выхода в безопасную зону [1].

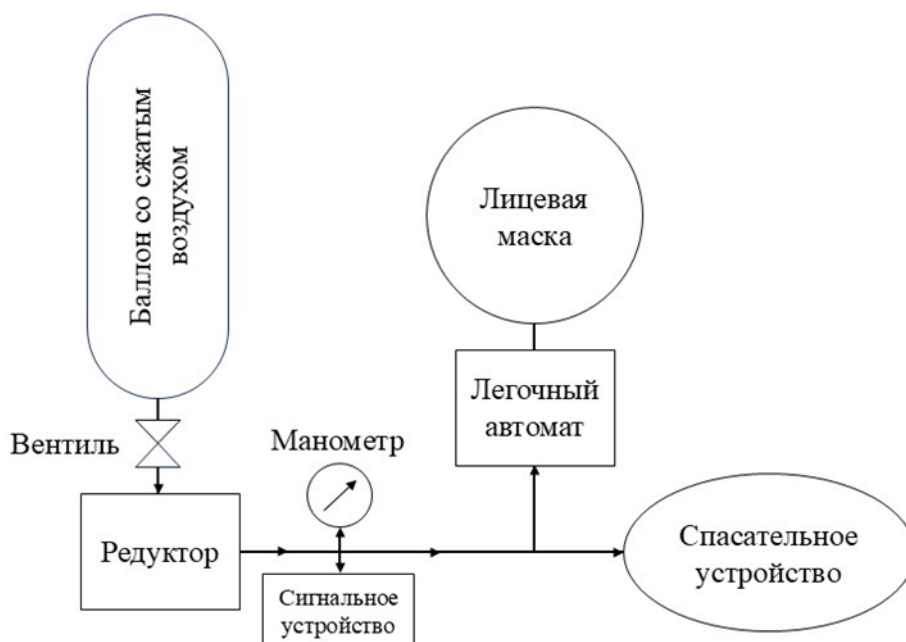


Рисунок 1. – Схема устройства дыхательного аппарата со сжатым воздухом

Особого внимания заслуживает эксплуатация АСВ в условиях низких температур, характерных для пожаров в осенне-зимний и весенний периоды [2]. При расширении сжатого воздуха в редукторе и легочном автомате (рис. 2) происходит его адиабатическое охлаждение [3; 4]. В условиях высокой влажности (характерной для помещений при тушении пожара, а также во время выпадения осадков в виде дождя и снега) и отрицательных температур окружающей среды это может привести к конденсации и последующему замерзанию паров воды на деталях легочного автомата (ЛА) [4]. Обледенение подвижных элементов (мембран, клапанов) может вызвать их залипание, неполное открытие или закрытие, что влечет либо резкое увеличение сопротивления дыханию (или прекращение подачи воздуха), либо неконтролируемую подачу воздуха (самоподдув), ведущую к быстрому израсходованию запаса воздуха [5].

Существует проблема в отсутствии данных, описывающих динамику процесса отказа легочного автомата: от начального охлаждения и конденсации влаги до фазы обледенения и полной блокировки подачи воздуха. Особенно актуально это для конкретных моделей, применяемых в ОПЧС АСВ, при работе в условиях, комплексно моделирующих не только низкую температуру, но и основные сопутствующие факторы реального пожара: высокую влажность и прямое воздействие воды при тушении, а также высокую физическую нагрузку на спасателя.



а – Drager Plus LDV P Short (PSS-A)



б – AutoMaXX-AE (MSA Safety Incorporated)



в – MTS RHZK

Рисунок 2. – Общий вид легочных автоматов, применяемых в АСВ Drager, БДА и MTS соответственно

Для решения данной проблемы нами проведены натурные эксплуатационные испытания АСВ выбранных производителей (Drager, БДА и MTS). При этом для получения объективных результатов является не просто выполнение различных тестов и апробаций работы аппаратов разработана методика эксплуатационных испытаний, которая включает:

1. Определение критериев и параметров моделирования экстремальной среды (температурные режимы, уровень влажности, интенсивность обливания АСВ).

2. Определение уровней физической нагрузки, реально отражающих работу спасателей в условиях ЧС.

3. Установление перечня контролируемых параметров (время работы АСВ, давление воздуха в баллоне, количество циклов заправки баллона (замена баллонов), визуальные признаки обледенения, субъективные оценки испытателя) и протокол их фиксации.

4. Четкое определение критериев отказа (например, превышение нормативного усилия вдоха, полная блокировка либо неконтролируемая постоянная подача воздуха), что позволит количественно оценивать время наработки на отказ в заданных условиях.

Разработка и применение подобной методики позволят не только детально исследовать физику процесса обледенения в работающем аппарате, но и провести сравнительный анализ устойчивости различных моделей АСВ, выявить их конструктивные недостатки и в итоге сформулировать конкретные рекомендации по обеспечению работоспособности ЛА [6; 7]. Таким образом, создание методологической базы для испытаний является первым и необходимым шагом в решении комплексной проблемы обеспечения безопасности спасателей при работе в условиях отрицательных температур [5].

Основная часть

В качестве объектов исследования выступили серийные дыхательные аппараты: модели Drager PA94 Plus Basic (3 ед.), БДА-СЛ (3 ед.) и MTS RHZK Series (3 ед.). Испытания проводились в осенне-зимний период (ноябрь – декабрь) на базе Университета гражданской защиты (УГЗ). Среднесуточная температура воздуха составляла от -3 до +10 °С. В исследовании приняли участие обучающиеся университета дневной формы обучения в возрасте до 25 лет.

Перечень экспериментального оборудования и средств измерения представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. – Экспериментальное оборудование

Наименование	Характеристика
АСВ <i>Drager PA94 Plus Basic</i>	рабочее давление, МПа, – 29,4; редуцированное давление, МПа, – 0,65–1; избыточное давление в подмасочном пространстве, Па, – 100–390
АСВ <i>БДА-СЛ</i>	рабочее давление, МПа, – 29,4; редуцированное давление, МПа, – 0,5–0,9; избыточное давление в подмасочном пространстве, Па, – 250–390
АСВ <i>MTS RHZK Series</i>	рабочее давление, МПа, – 30; редуцированное давление, МПа, – 0,8–1,1; избыточное давление в подмасочном пространстве, Па, – 250–390
Баллон стальной для сжатого воздуха <i>R-EXTRA-5/PTS</i>	рабочее давление, МПа, – 29,4; емкость, л, – 6,8; масса баллона с вентилем, кг, – 8,2; температурный диапазон эксплуатации, °С, – от -50 до +65

Таблица 2. – Средства измерений

Наименование	Диапазон измерений	Цена деления	Погрешность
Секундомер Интеграл С-02	0 ч 00 мин 00 с – 9 ч 59 мин 59,99 с	0,01 с	$\pm (9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_{\text{изм}} + 0,01 \text{ с})$

Примечание. Средства измерений внесены в государственный реестр средств измерений Республики Беларусь³ и на период проведения исследований имели действующие аттестаты, свидетельства о поверке и/или калибровке. Условия проведения исследований соответствовали условиям эксплуатации измерительного оборудования.

Для определения степени воздействия физической нагрузки на организм испытуемых в период выполнения упражнений использовались кардиомониторы Polar RX800CX (монитор сердечного ритма RS800CX, датчик частоты сердечных сокращений H3, инфракрасный адаптер IrDA USB для передачи данных с кардиомонитора на компьютер, программное обеспечение Polar ProTrainer 5).

Целью методики проведения эксплуатационных испытаний являлось моделирование комплекса нагрузок, характерных для реальной работы спасателей, для оценки работоспособности легочного автомата. Программа тренировок включала два взаимосвязанных блока упражнений, выполняемых испытуемыми в полном комплекте боевой одежды и снаряжения.

Блок А. Воздействие на АСВ условий, имитирующих опасные факторы пожара (рис. 3):

1. Интенсивное увлажнение: перед включением аппараты подвергались воздействию распыленной струи воды или 6 %-го раствора пенообразователя (ПО) в течение 180 с с дистанции 5 м по следующему циклу: 1-й день – обливание водой, 2-й день – обливание не проводилось, 3-й день – обливание раствором ПО, 4-й день – обливание не проводилось и т.д.

2. Низкотемпературное кондиционирование: методика включала использование АСВ после охлаждения в течение не менее 4 ч при температуре -10 °С и влажности 75 %. Для этого этапа использовалась климатическая камера ТМАХ-1000 с диапазоном температур от -20 до +100 °С и контролем влажности. Предварительное охлаждение проводилось ежедневно в течение 30 дней. Суммарное время нахождения дыхательных аппаратов в этой камере составило около 200 ч. По истечении времени пребывания АСВ в камере испытуемый в полной экипировке приступал к выполнению упражнений блока Б.

³ Государственный реестр средств измерений (стандартных образцов) Республики Беларусь // Государственный информационный фонд по обеспечению единства измерений. – URL: [https://oei.by/grsi?GrsiSearch\[grsi_status\]=1](https://oei.by/grsi?GrsiSearch[grsi_status]=1) (дата обращения: 14.10.2025).



а – обливание АСВ



б – низкотемпературное кондиционирование

Рисунок 3. – Воздействие агрессивных условий эксплуатации

Блок Б. Базовые и силовые упражнения (рис. 4):

1. Боевое развертывание от автоцистерны (выполнение контрольных нормативов), сбор пожарно-технического вооружения (ПТВ).
2. Ориентирование на чистом воздухе в АСВ.
3. Подъем и спуск по лестничным маршам.
4. Работа с аварийно-спасательным инструментом и оборудованием.
5. Бег в легком темпе, прыжки на месте, транспортировка пострадавшего вдвоем.
6. Работа в модульном учебно-тренировочном комплексе (МУТК): передвижение в условиях ограниченной видимости, тепловое воздействие (температура в диапазоне 40–50 °С), поиск и транспортировка условного пострадавшего (манекена).



а – боевое развертывание и сбор ПТВ



б – ориентирование на чистом воздухе



в – подъем и спуск по лестничным маршам



г – работа в МУТК

Рисунок 4. – Комплекс физических упражнений

7. Работа в стесненных условиях: преодоление лабиринта и различных препятствий, где требовалось передвигаться с АСВ в руках, что обеспечивало постоянный механический контакт и перегибы шлангов АСВ [8].

Общая последовательность одного цикла испытаний для каждого аппарата: выполнялось обливание, либо кондиционирование, либо комплексное воздействие обеих процедур (обливание после кондиционирования), далее – выполнение упражнений (блок Б), после окончания цикла выполнялась заправка баллона либо его замена. Для каждого аппарата проведено порядка 300 таких полных циклов.

Для объективной оценки соответствия нагрузки категории «очень тяжелая» (частота сердечных сокращений (ЧСС) ≥ 151 уд/мин) с помощью нагрудных пульсометров Polar H3 контролировалась ЧСС испытуемых (рис. 5). Осуществлялся визуальный контроль за состоянием АСВ и субъективная оценка самочувствия испытуемых. При этом испытуемые опрашивались через каждые 10 мин после включения в дыхательный аппарат.

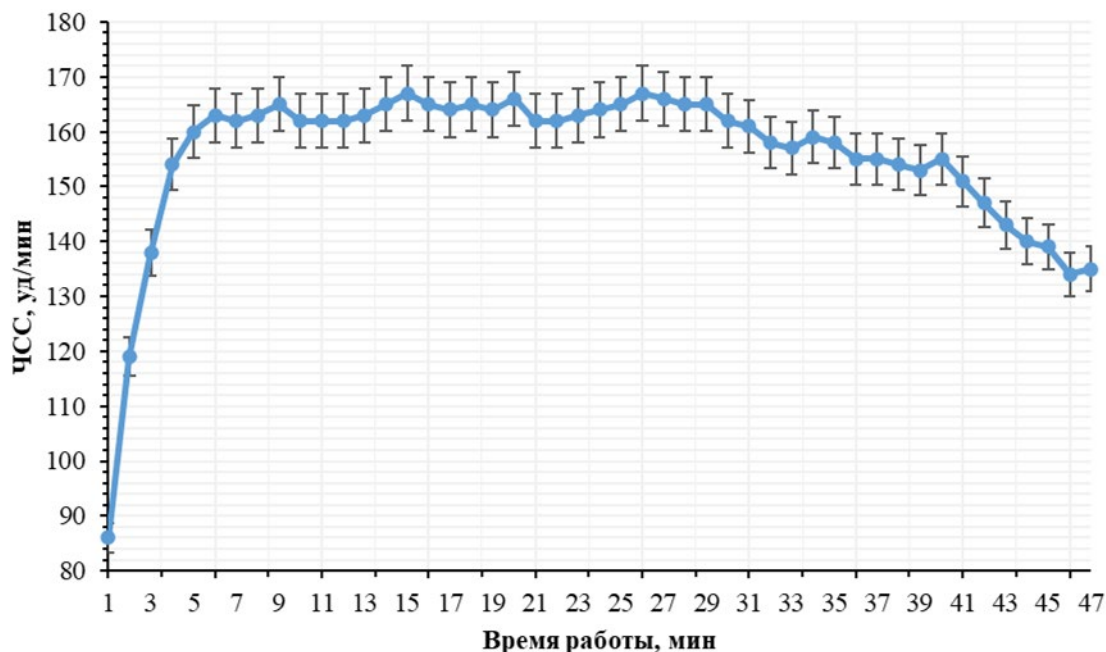


Рисунок 5. – Изменение ЧСС при выполнении комплекса упражнений

Критерием отказа считалось: неконтролируемая постоянная подача воздуха и невозможность совершения вдоха.

В ходе опытной эксплуатации руководителем испытаний велся журнал учета работы АСВ. В нем отражены: вид тренировок, фактическое время работы, факты заправки, обливание водой, неисправности, возникающие в процессе эксплуатации, и другие события, происходящие с АСВ в процессе эксплуатации, влияющие на его работоспособность. По итогам проведенного исследования подготовлен отчет.

Продолжительность исследований составила 2 месяца. За этот период проведено около 300 включений в каждый АСВ с полным расходом запаса воздуха в баллоне. В каждом АСВ в среднем было наработано порядка 10 000 мин. Среднее время работы АСВ составляло 35 мин – это соответствует легочной вентиляции более 60 л/мин. Потребление воздуха и показания ЧСС свидетельствуют о проведении работ по степени тяжести: тяжелая – очень тяжелая (табл. 3).

Таблица 3. – Влияние степени тяжести работы на организм человека

Виды работы по степени тяжести	Частота сердечных сокращений, уд/мин	Потребление воздуха, л/мин
Легкая	85–100	12,5
Средняя	101–125	30
Тяжелая	126–150	60
Очень тяжелая	151–170	80

В ходе исследования было зафиксировано 7 случаев полного отказа – это 0,26 % от общего количества включений (2700 раз) при 90 000 мин общей наработки испытываемых АСВ. Из них 4 случая, связанных с обледенением клапана ЛА, произошли исключительно при выполнении упражнений в АСВ MTS RHZK Series после обливания водой. Остальные 3 – единичные случаи: 1 – при работе в АСВ Drager PA94 Plus Basic (неконтролируемая постоянная подача воздуха), 2 – при работе в АСВ БДА-СЛ (невозможность совершения вдоха при наличии воздуха в баллоне) (рис. 6).



а – внешний вид



б – вид изнутри

Рисунок 6. – Обледенение легочного автомата

Полученные результаты подтверждают гипотезу о возможном обледенении ЛА в условиях, максимально приближенных к реальным. Зафиксированные факты не свидетельствуют о постоянном и систематическом появлении данных неисправностей. Ключевым практическим выводом является то, что само по себе нахождение в холодной среде не является достаточным условием для отказа. Отказ является следствием строгой последовательности: тяжелая физическая работа после кондиционирования и интенсивного увлажнения (обливание АСВ водой и раствором пенообразователя).

Разработанная программа испытаний успешно демонстрирует зависимость между увлажнением, охлаждением и отказом в работе ЛА, что делает ее эффективным инструментом для оценки различных моделей и конструктивных решений. Выявленные замечания указывают на то, что проблема имеет конструктивную основу, связанную с недостаточной герметичностью легочного автомата АСВ MTS RHZK Series.

Заключение

В ходе проведения натурных эксплуатационных испытаний апробирована разработанная методика, провоцирующая отказ в работе легочного автомата в контролируемых условиях. Критическим звеном методики является комбинация этапов низкотемпературной выдержки, интенсивного увлажнения и последующей работы в АСВ. Высокая физическая нагрузка (бег, подъем по лестнице и работа в стесненных условиях) приводит к повышенному потреблению воздуха, что вызывает его адиабатическое охлаждение при расширении, а выполнение данных видов работ после тушения (обливания) при низких температурах способно привести к отказу в работе ЛА. Выявлена значимая разница в стойкости к обледенению между исследованными моделями АСВ, что указывает на их конструктивные различия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаковский, Б.Л. Пожарная аварийно-спасательная техника и связь: учебник: в 2 ч. / Б.Л. Кулаковский [и др.]. – Мн.: РЦСиЭ МЧС, 2012. – Ч. 1. – 421 с.
2. Долгих, Е.С. Вопросы применения средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в условиях отрицательных температур / Е.С. Долгих, И.В. Сараев, А.Г. Бубнов // Пожарная и аварийная безопасность: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-й годовщине образования гражданской обороны, Иваново, 24 ноября 2022 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. – С. 354–361. – EDN: VXLMJQ.
3. Стоянов Н.И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен): учеб. пособие / Н.И. Стоянов, С.С. Смирнов, А.В. Смирнова. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. – 226 с. – EDN: ZGJQUD.

4. Копачев, В.Ф. Термодинамика, теплопередача и гидравлика: учебник / В.Ф. Копачев. – 2-е изд. – Саратов, Москва: Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 250 с. – EDN: SITNGC.
5. Кириллов, В.Ф. Обзор результатов производственных испытаний средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) / В.Ф. Кириллов, А.С. Филин, А.В. Чиркин // Токсикологический вестник. – 2014. – № 6 (129). – С. 44–49. – EDN: ZCOSBT.
6. Долгих, Е.С. Сравнительная оценка отечественных марок СИЗОД по статистическим показателям работы функциональных элементов в процессе эксплуатации / Е.С. Долгих, А.Г. Бубнов // Безопасность жизнедеятельности. – 2025. – № 3 (291). – С. 15–20. – EDN: ZWHQAF.
7. Логинов, В.И. Требования и методы испытаний средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения пожарных в российских и европейских стандартах / В.И. Логинов, Ю.Н. Маслов, Р.А. Кисляков, И.А. Карпова // Безопасность труда в промышленности. – 2024. – № 6. – С. 56–62. – DOI: 10.24000/0409-2961-2024-6-56-62. – EDN: BEMFGF.
8. Белизов, М.Д. Подготовка газодымозащитника: учеб. пособие / М.Д. Белизов, А.В. Малыхин. – Иркутск: Восточно-Сибирский институт МВД России, 2011. – 108 с. – EDN: WHSODZ.
9. Аганов, С.С. Физическая и профессиональная подготовка обучающихся в системе МЧС России: учеб. пособие: в 2 т. / С.С. Аганов, А.Э. Болотин, М.Т. Лобжа [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2019. – Т. 1. – 480 с. – EDN: OFVVG1.

Влияние различных условий эксплуатации дыхательного аппарата со сжатым воздухом на стабильность работы легочного автомата

Influence of various operating conditions of a compressed air breathing apparatus on the stability of the lung demand valve

Лахвич Вячеслав Вячеславович

кандидат технических наук, доцент
Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», факультет предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, начальник факультета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: slavaspec@rambler.ru

SPIN-код: 5450-0192

Vyacheslav V. Lakhvich

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Faculty of Emergency Prevention and Elimination, Head of the Faculty

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: slavaspec@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-7601-305X

Морозов Артем Александрович

кандидат технических наук, доцент
Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра пожарной аварийно-спасательной техники, начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: morozov@ucpminsk.ru

SPIN-код: 7482-7284

Artem A. Morozov

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Fire Rescue Equipment, Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: morozov@ucpminsk.ru

ORCID: 0000-0001-8079-2578

Козлов Евгений Анатольевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра пожарной аварийно-спасательной техники, старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: zenka.2012@mail.ru

Evgeniy A. Kozlov

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Fire Rescue Equipment, Senior Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: zenka.2012@mail.ru

ORCID: 0009-0005-0708-7692

Шатилов Юрий Сергеевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций, отдел исследований средств и технологий ликвидации чрезвычайных ситуаций, начальник отдела

Адрес: ул. Солтыса, 183а, 220046, г. Минск, Беларусь

Email: ushatilov@mail.ru

SPIN-код: 7421-7902

Yuri S. Shatilov

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Research Institute of Fire Safety and Emergency Problems, Department of Research of Means and Technologies for Emergency Elimination, Head of the Department

Address: Soltysa str., 183a, 220046, Minsk, Belarus

Email: ushatilov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8687-9989

Аниськов Виктор Игоревич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций, отдел исследований средств и технологий ликвидации чрезвычайных ситуаций, старший научный сотрудник

Адрес: ул. Солтыса, 183а,
220046, г. Минск, Беларусь
Email: aniskov.viktor@gmail.com
SPIN-код: 4538-2916

Viktor I. Anis'kov

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Research Institute of Fire Safety and Emergency Problems, Department of Research of Means and Technologies for Emergency Elimination, Senior Researcher

Address: Soltysa str., 183a,
220046, Minsk, Belarus
Email: aniskov.viktor@gmail.com
ORCID: 0009-0005-4896-0064

INFLUENCE OF VARIOUS OPERATING CONDITIONS OF A COMPRESSED AIR BREATHING APPARATUS ON THE STABILITY OF THE LUNG DEMAND VALVE

Lakhvich V.V., Morozov A.A., Kozlov E.A., Shatilov Yu.S., Anis'kov V.A.

Purpose. To experimentally evaluate the influence of various operating conditions of a compressed air breathing apparatus on the stability of the operation of the lung demand valve of a compressed air breathing apparatus.

Methods. Empirical research methods included experimentation and measurement. Theoretical methods included analysis and synthesis of literary sources, as well as statistical processing and generalization of the obtained experimental data.

Findings. Based on operational tests, it was established that a decrease in ambient temperature (down to -3 °C) in conditions of high humidity and simulated exposure to water aerosol (while fire extinguishing) leads to increased inhalation effort. As work intensity increases, breathing becomes more difficult due to the increased amount of air to be consumed, and in some cases, impossible. The primary cause of failure is icing of the inhalation valve seat and plate, leading to their mechanical sticking and complete blockage of air supply to the sub-mask space, as well as to disruption of the continuity of air supply to the sub-mask space.

Application field of research. The research results can be used by the Ministry of Emergency Situations in developing recommendations for the safe use of breathing apparatus in low-temperature conditions: monitoring and preventing icing, and actions at the first signs of increased breathing disruption.

Keywords: compressed air breathing apparatus, lung demand valve, icing, low temperatures, reliability, fire safety.

(The date of submitting: January 9, 2026)

REFERENCES

1. Kulakovskiy B.L. [et al.]. *Pozharnaya avariyno-spasatel'naya tekhnika i svyaz'* [Fire and emergency rescue equipment and communication]: textbook: in 2 parts. Minsk: Republican Center for Certification and Expertise of the Ministry of Emergency Situations, 2012. Part 1. 421 p. (rus)
2. Dolgikh E.S., Sarayev I.V., Bubnov A.G. Voprosy primeneniya sredstv individual'noy zashchity organov dykhaniya i zreniya v usloviyakh otritsatel'nykh temperatur [Questions of the use of personal protective equipment for respiratory organs and vision in conditions of negative temperatures]. *Proc. of XVII Intern. scientific-practical conf. dedicated to the 90th anniversary of civil defense «Fire and Emergency Safety»*, Ivanovo, November 24, 2022. Ivanovo Fire Rescue Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia, 2022. Pp. 354–361. (rus). EDN: VXL MJQ.
3. Stoyanov N.I., Smirnov S.S., Smirnova A.V. *Teoreticheskie osnovy teplotekhniki (tekhnicheskaya termodinamika i teplomassoobmen)* [Theoretical foundations of heat engineering (technical thermodynamics and heat and mass transfer)]: tutorial. Stavropol: North Caucasus Federal University, 2014. 226 p. (rus). EDN: ZGJQUD.
4. Kopachev V.F. *Termodinamika, teploperedacha i gidravlika* [Thermodynamics, heat transfer and hydraulics]: textbook; 2nd ed. Saratov, Moscow: Profobrazovanie, Ay Pi Ar Media, 2021. 250 p. (rus). EDN: SITNGC.
5. Kirillov V.F., Filin A.S., Chirkin A.V. Obzor rezul'tatov proizvodstvennykh ispytaniy sredstv individual'noy zashchity organov dykhaniya (SIZOD) [Overview of industrial testing outcome of respiratory organs personal protection equipment]. *Toxicological Review*, 2014. No. 6 (129). Pp. 44–49. (rus). EDN: ZCOSBT.
6. Dolgikh E.S., Bubnov A.G. Sravnitel'naya otsenka otechestvennykh marok SIZOD po statisticheskim pokazatelyam raboty funktsional'nykh elementov v protsesse ekspluatatsii [Comparative assessment of domestic brands of PPE according to statistical indicators of the functional elements in the process of operation]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2025. No. 3 (291). Pp. 15–20. (rus). EDN: ZWHQAF.
7. Loginov V.I., Maslov Yu.N., Kislyakov R.A., Karpova I.A. Trebovaniya i metody ispytaniy sredstv individual'noy zashchity organov dykhaniya i zreniya pozharnykh v rossiyskikh i evropeyskikh standartakh [Requirements and test methods for firefighter personal respiratory and ocular protection equipment in Russian and European standards]. *Occupational Safety in Industry*, 2024. No. 6. Pp. 56–62. (rus). EDN: BEMFGF.

8. Belizov M.D., Malykhin A.V. *Podgotovka gazodymozashchitnika* [Training of a gas – smoke rescuer]: tutorial. Irkutsk: East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russia, 2011. 108 p. (rus). EDN: WHSODZ.
9. Aganov S.S., Bolotin A.E., Lobzha M.T., Terebnev V.V., Ivanova E.S., Makhonin E.V., Davidenko D.N., Presnov A.I. *Fizicheskaya i professional'naya podgotovka obuchayushchikhsya v sisteme MChS Rossii*: [Physical and professional training of students in the system of EMERCOM of Russia]: tutorial: in 2 volumes. Saint-Petersburg State Fire Service University of EMERCOM of Russia, 2019. Vol. 1. 480 p. (rus). EDN: OFVVGI.

Copyright © 2026 Lakhvich V.V., Morozov A.A.,
Kozlov E.A., Shatilov Yu.S., Anis'kov V.A.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.