

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК НИИ «РЕСПИРАТОР»
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE NII «RESPIRATOR»
2025. – № 3 (62)

Александр Владиславович Агарков, канд. техн. наук, зам. нач. института;
e-mail: aleksander_agarkov@mail.ru

Дмитрий Алексеевич Политучий, нач. отд.; e-mail: poletuchi@mail.ru

Дарья Федоровна Балта, ст. науч. сотр.; e-mail: balta_darya@mail.ru

Дмитрий Сергеевич Буряк, ст. науч. сотр.; e-mail: buryak_ds@mail.ru

Федеральное государственное казенное учреждение

«Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России»

283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел.: +7 (856) 252-78-39

Aleksandr Vladislavovich Agarkov, Cand. of Tech. Sci., Deputy Head of the Institute;

e-mail: aleksander_agarkov@mail.ru

Dmitry Alekseevich Polituchy, Head of Department; e-mail: poletuchi@mail.ru

Daria Fyodorovna Balta, Senior Researcher; e-mail: balta_darya@mail.ru

Dmitry Sergeevich Buryak, Senior Researcher; e-mail: buryak_ds@mail.ru

Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator» EMERCOM of Russia»

283048, Donetsk, Artyoma St., 157, Phone: +7 (856) 252-78-39

**ОГНЕТУШИТЕЛЬ С РАЗДЕЛЬНЫМ ХРАНЕНИЕМ ВОДЫ
И ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ШАХТАХ**

**FIRE EXTINGUISHER WITH SEPARATE STORAGE OF WATER
AND FOAM CONCENTRATE FOR EXTINGUISHING FIRES IN MINES**

Цель. Обосновать параметры и разработать конструкцию переносного воздушно-пенного огнетушителя с раздельным хранением воды и пенообразователя в качестве первичного средства пожаротушения в угольных шахтах, что позволит увеличить срок его эксплуатации без технического обслуживания (перезарядки) до 5–10 лет.

Методы. Использован комплексный метод исследования, включающий анализ научных источников, проведение теоретических и экспериментальных исследований с обработкой результатов при использовании пакетов прикладных компьютерных программ.

Результаты. Установлено, что основными конструктивными параметрами, определяющими эффективность работы огнетушителя, являются диаметры дозирующего отверстия баллона высокого давления, из которого газ поступает в корпус огнетушителя и сопло пеногенератора, а также объем свободного пространства в корпусе над пенообразующим раствором.

Научная новизна. Предложена конструкция и обоснованы параметры переносного воздушно-пенного шахтного огнетушителя для тушения пожаров классов А и В. В отличие от существующих аналогов, в предлагаемом огнетушителе предусмотрено раздельное хранение воды и пенообразователя, что позволяет увеличить интервал между его техническими обслуживаниями.

Практическая значимость. Результаты исследований позволяют существенно снизить эксплуатационные расходы при обеспечении безопасности труда и противопожарной защиты в угольных шахтах, а также получить существенный финансово-экономический эффект, увеличив срок службы огнетушителей, не снижая уровня эффективности огнетушащего вещества и изделия в целом.

Ключевые слова: угольная шахта; горная выработка; подземные пожары экзогенного происхождения; огнетушитель с раздельным хранением воды и пенообразователя; воздушно-механическая пена, конструктивные параметры.

Для цитирования: Агарков Ал. В., Политучий Д. А., Балта Д. Ф., Буряк Д. С. Огнетушитель с раздельным хранением воды и пенообразователя для тушения пожаров в шахтах // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 7–14. EDN QIYRVI

Purpose. To substantiate the parameters and develop a design for a portable air-foam fire extinguisher with separate storage of water and foaming agent as a primary means of fire extinguishing in coal mines, which will improve the level of fire protection at mining enterprises.

Methods. A comprehensive research method was used, including the analysis of scientific sources, conducting theoretical and experimental studies with processing of results using application software packages.

Results. The main design parameters that determine the efficiency of the fire extinguisher are the diameters of the metering hole of the cylinder, through which the gas enters the body and nozzle of the foam generator, as well as the volume of free space in the body above the foam-forming solution.

Scientific novelty. The design is proposed and the parameters of a portable air-foam mine fire extinguisher for extinguishing fires classes A and B are substantiated. Unlike existing analogues, the proposed fire extinguisher provides for separate storage of water and foaming agent, which allows increasing the interval between its maintenance.

Practical value. The results of the research make it possible to significantly reduce operating costs when ensuring occupational safety and fire protection in coal mines, as well as to obtain a significant financial and economic effect by increasing the service life of fire extinguishers without reducing the efficiency of the fire extinguishing agent and the product as a whole.

Keywords: coal mine; mine workings; underground fires of exogenous origin; fire extinguisher with separate storage of water and foaming agent; air-mechanical foam; constructive parameters.

For citation: Agarkov A. V., Polituchiy D. A., Balta D. F., Buryak D. S. Fire extinguisher with separate storage of water and foaming agent for extinguishing fires in mines. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 7-14. EDN QIYRVI

Дмитрий Иванович Борисенко, канд. техн. наук, вед. науч. сотр.; e-mail: dima-luxinzhi@mail.ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1. Тел.: +7(926)800-52-05

Dmitry Ivanovich Borisenko, Cand. of Tech. Sci., Leading Researcher; e-mail: dima-luxinzhi@mail.ru
National Research Centre «Kurchatov Institute»
123182, Moscow, Akademika Kurchatova pl., 1. Phone: +7 (926) 800-52-05

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ОЧАГОВ ПОЖАРА В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

THEORETICAL FOUNDATIONS OF ACOUSTIC DIAGNOSTICS OF IGNITION SOURCES IN COAL BEADS

Цель. Теоретическое обоснование обязательности существования информационных признаков диагностируемого события, в частности, процессов самопроизвольного выделения теплоты в угле.

Методы. Анализ понятия «потеря энергии» с точки зрения термодинамики; изучение механизмов акустического излучения в условиях самонагрева и горения угля; обобщение и формулировка принципа акустической диагностики очагов пожара в угольных пластах.

Результаты. На основе базовых законов термодинамики показана обязательность существования информационных признаков процессов, связанных с выделением теплоты, в частности – самонагрева и горения угля для диагностики очагов пожара в угольных пластах.

Научная новизна. Впервые сформулирован принцип диагностики процессов самопроизвольного выделения теплоты, в частности очагов пожара в угольных пластах, на основе рассмотрения «потери энергии» при её трансформации из одной формы в другую в качестве информационного признака; раскрытия механизмов формирования акустического излучения при самонагревании и горении угля.

Практическая значимость. Сформулированный принцип позволяет разрабатывать способы диагностики процессов, связанных с выделением теплоты, в частности, процессов самонагрева и горения различных сред, оптимальным образом для конкретных условий.

Ключевые слова: акустическая диагностика; очаги; самонагревание; пожар; угольные пласты.

Для цитирования: Борисенко Д. И. Теоретические основы акустической диагностики очагов пожара в угольных пластах // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 15–21. – EDN VIQCVC

Objective. Theoretical substantiation of the mandatory of the existence of information signs of the diagnosed event, in particular, the processes of spontaneous heat generation in coal.

Methods. Comprehension of the fundamental laws of nature, in particular the concept of «energy loss»; consideration of the mechanisms of acoustic radiation during self-heating and coal combustion; generalization and formulation of the principle of acoustic diagnostics of fire sources in coal beads.

Results. Based on the basic laws of nature, the mandatory of the existence of information signs of processes related to the release of heat, in particular, self-heating and coal burning for the diagnosis of fire foci in coal seams, is shown.

Scientific novelty. For the first time, the principle of diagnosing the processes of spontaneous heat generation, in particular, fire foci in coal seams, was formulated based on the consideration of «energy losses» during its transformation from one form to another as an informational feature; for the first time, more than ten mechanisms of acoustic radiation occurrence during self-heating and self-combustion of coal are given in one work.

Practical value. The formulated principle makes it possible to develop methods for diagnosing processes related to heat generation, in particular, the processes of self-heating and combustion of various media, in an optimal way for specific conditions.

Keywords: *acoustic diagnostics; foci; self-heating; fire; coal beads.*

For citation: Borisenko D. I. Theoretical foundations of acoustic diagnostics of ignition sources in coal beads. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 15-21. EDN VIQCVQ

*Сергей Геннадьевич Алексеев, канд. хим. наук, доцент, ст. науч. сотр.; e-mail: 3608113@mail.ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-инженерный центр
«Надежность и ресурс больших систем и машин» Уральского отделения РАН
620049, Екатеринбург, ул. Студенческая, 54-а. Тел.: +7 (343) 374-16-82*

*Sergey Gennad'evich Alexeev, Cand. of Chem. Sci., Associate Professor, Senior Researcher;
e-mail: 3608113@mail.ru
Science and Engineering Center «Reliability and Safety of Large Systems and Machines»
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
620049, Yekaterinburg, Studencheskaya St., 54-a. Phone: +7(343) 374-16-82*

ОЦЕНКА ВЗРЫВООПАСНОСТИ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

EVALUATION OF EXPLOSION HAZARD OF COMBUSTIBLE GASES AND FLAMMABLE LIQUIDS

Цель. Разработка общего рейтинга взрывопожароопасности горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей по минимальному безопасному удельному объему помещений.

Методы. Аналитические методы исследования на основе методик СП 12.13130.2009 и СП 364.1311500.2018.

Результаты. Составлен рейтинг взрывопожароопасности горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей по минимальному безопасному удельному объему помещений. Предложена справочная таблица для упрощения процедуры проверки отнесения производственных и складских помещений к взрывопожароопасным категориям А или Б.

Научная новизна. Применение минимального безопасного удельного объема помещений для ранжирования взрывоопасных свойств горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей.

Практическая значимость. Разработана справочная таблица минимального безопасного удельного объема помещений для работников проектных организаций и инспекторов надзорных органов, что позволяет оперативно выполнить проверку отнесения производственных и складских помещений к категориям А или Б по взрывопожароопасности.

Ключевые слова: *взрыв; пожар; минимальный безопасный удельный объем; горючий газ; легковоспламеняющаяся жидкость.*

Для цитирования: Алексеев С. Г. Оценка взрывоопасности горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 22–32. – EDN ETNXUE

Objective. To perform a comparative analyses of the explosion and fire hazard of combustible gases and flammable liquids by using the minimum safe specific volume of a room.

Methods. Analytical research methods based on SP 12.13130.2009 and SP 64.1311500.2018.

Results. The rating of explosion and fire hazard of combustible gases and flammable liquids is compiled by using the minimum safe specific volume of a room. The look-up table are proposed to simplify the procedures for checking of explosion categories determination for production and warehouse premises.

Scientific novelty. The use of the minimum safe specific volume of premises for the ranking of the explosive properties of combustible gases and flammable liquids.

Practical significance. The reference table with the data of a minimum safe specific volume of premises has been compiled for employees of design companies and inspectors of supervisory authorities.

Key words: *explosion; fire; minimum safe specific volume; combustible gas; flammable liquid.*

For citation: Alexeev S. G. Evaluation of explosion hazard of combustible gases and flammable liquids. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 22-32. EDN ETNXUE

Виктория Валентиновна Лебедева, канд. техн. наук, нач. отд.; e-mail: v.lebedeva@80.mchs.gov.ru

Олег Владимирович Храпоненко, ст. науч. сотр.; e-mail: o.hraponenko@80.mchs.gov.ru

Федеральное государственное казенное учреждение

«Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России»

283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел.: +7 (856) 252-78-55

Victoria Valentinovna Lebedeva, Cand. of Tech. Sci., Head of Department;

e-mail: v.lebedeva@80.mchs.gov.ru

Oleg Vladimirovich Khraponenko, Senior Researcher; e-mail: o.hraponenko@80.mchs.gov.ru

Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator» EMERCOM of Russia»

283048, Donetsk, Artyoma St., 157, Phone: +7 (856) 252-78-55

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ВОДОНАСЫЩЕНИЯ НА КРАТНОСТЬ ВСПУЧИВАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

INFLUENCE OF WATER SATURATION TIME ON THE SWELLING RATIO OF FIRE-RETARDANT COATING OF BUILDING STRUCTURES

Цель. Экспериментальная оценка устойчивости огнезащитного покрытия к воздействию воды путем установления зависимости изменения кратности вспучивания от времени водонасыщения.

Методы. Гравиметрический метод определения массовой доли воды; измерение толщины вспученного слоя и начальной толщины сухого слоя покрытия.

Результаты. Экспериментально исследована кинетика поглощения воды образцами огнезащитного покрытия вспучивающегося типа на основе акриловой дисперсии при водонасыщении в течение 1, 3, 5 и 7 суток в статических условиях эксперимента. Выполнена оценка устойчивости огнезащитного покрытия к гидролитической деструкции по количественным критериям – содержанию воды при насыщении и кратности вспучивания покрытия.

Научная новизна. Зависимости, характеризующие изменение содержания воды и кратности вспучивания от времени водонасыщения образцов разработанного огнезащитного покрытия на основе акриловой дисперсии получены впервые.

Практическая значимость. Показано, что при разработке рецептуры и оптимизации свойств огнезащитных покрытий, исследуемые параметры можно использовать в качестве количественных критериев при оценке изменения огнестойкости покрытий после длительного контакта с водой.

Ключевые слова: *массовая доля воды; изменение кратности вспучивания от водонасыщения; огнезащитное покрытие на основе акриловой дисперсии; огнезащита строительных конструкций; кинетика поглощения воды, период водонасыщения образцов.*

Для цитирования: Лебедева В. В., Храпоненко О. В. Влияние времени водонасыщения на кратность вспучивания огнезащитного покрытия строительных конструкций // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 33–39. EDN PXYWXV

Objective. Experimental evaluation of the water resistance of a fire-retardant coating by determining the relationship between swelling ratio change and water saturation time.

Methods. Gravimetric method for water content determination; measurement of expanded layer thickness and initial dry coating thickness; graphical method for data presentation.

Results. The water absorption kinetics of intumescent fire-retardant coating samples based on acrylic dispersion were experimentally investigated during water saturation for 1, 3, 5, and 7 days under static conditions. The resistance of the fire-retardant coating to hydrolytic degradation was evaluated using quantitative criteria – water content at saturation and coating swelling ratio.

Scientific novelty. The relationships characterizing the change in water content and swelling ratio with water saturation time of the developed fire-retardant coating samples based on acrylic dispersion were obtained for the first time.

Practical significance. It is shown that when developing the formulation and optimizing the properties of fire-retardant coatings, the studied parameters can be used as quantitative criteria for assessing changes in the fire resistance of coatings after prolonged contact with water.

Keywords: *water content; change in mass and swelling ratio with water saturation; acrylic dispersion-based fire-retardant coating; fire protection of building structures; water absorption kinetics, the period of water saturation of the samples.*

For citation: Lebedeva V. V., Khraponenko O. V. Influence of water saturation time on the swelling ratio of fire-retardant coating of building structures. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 33-39. EDN PXYWXV

Андрей Петрович Кирьян, канд. техн. наук, начальник института; e-mail: a.kiryan@igps.80.mchs.gov.ru

Валерий Владимирович Мамаев, д-р техн. наук, гл. науч. сотр.; e-mail: v.mamaev@80.mchs.gov.ru

Любовь Алексеевна Зборщик, ст. науч. сотр.; e-mail: lzborschik@yandex.ru

Руслан Сергеевич Плетенецкий, ст. науч. сотр.; e-mail: zoloto-russland@yandex.ru

Федеральное государственное казенное учреждение

«Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России»

283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел.: +7 (856) 252-78-45

Andrey Petrovich Kiryan, Cand. of Tech. Sci., Head of the Institute; e-mail: a.kiryan@igps.80.mchs.gov.ru

Valery Vladimirovich Mamaev, Dr. of Tech. Sci., Main Researcher; e-mail: v.mamaev@80.mchs.gov.ru

Lyubov Alekseyevna Zborshchik, Senior Researcher; e-mail: lzborschik@yandex.ru

Ruslan Sergeyevich Pletenetskiy, Senior Researcher; e-mail: zoloto-russland@yandex.ru

Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator» EMERCOM of Russia»

283048, Donetsk, Artema St., 157. Phone: +7 (856) 332-78-36

ОСОБЕННОСТИ ЭКОНОМНОГО КИСЛОРОДОПИТАНИЯ РЕСПИРАТОРА

FEATURES OF ECONOMICAL OXYGEN SUPPLY OF A RESPIRATOR

Цель. Определение путей совершенствования регенеративного респиратора со сжатым кислородом для его экономного кислородопитания.

Методы. Аналитические методы исследования кислородопитания регенеративного респиратора со сжатым кислородом.

Результаты. Предложены варианты кислородопитания регенеративного респиратора, обеспечивающие разные режимы работы.

Научная новизна. Обоснована система кислородопитания регенеративного респиратора с постоянной продувкой объемом 10 % от расходуемого кислорода.

Практическая значимость. Полученные результаты исследований могут быть использованы при разработке респиратора, имеющего большее время защитного действия.

Ключевые слова: *дыхательный аппарат; средства индивидуальной защиты органов дыхания; респиратор; сжатый кислород; кислородопитание.*

Для цитирования: Кирьян А.П., Мамаев В.В., Зборщик Л.А., Плетенецкий Р.С. Особенности экономного кислородопитания респиратора // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 40–47. EDN OOUNKR

Objective. Determination of ways to improve a regenerative respirator with compressed oxygen for its economical oxygen supply.

Methods. Analytical methods for studying oxygen supply of a regenerative respirator with compressed oxygen.

Results. Variants of oxygen supply for a regenerative respirator are proposed, providing different operating modes.

Scientific novelty. The oxygen supply system of a regenerative respirator with a constant purge of 10 % of the consumed oxygen has been substantiated.

Practical significance. The obtained research results can be used in the development of a respirator with a longer protective effect time.

Key words: *breathing apparatus; personal respiratory protective equipment; respirator; compressed oxygen; oxygen supply.*

For citation: Kiryan A. P., Mamayev V. V., Zborshchik L. A., Pletenetskiy R. S. Features of economical oxygen supply of a respirator. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 40-47. EDN OOUNKR

Виктория Владимировна Захарова, ассистент; e-mail: viksuta@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
283001, Донецк, ул. Артема, 58. Тел. +7 (856) 301-07-09

Екатерина Викторовна Подвигина, научный руководитель Центра «Дом научной
коллаборации им. академика И. П. Бардина»; e-mail: evpodvigina@chsu.ru

Константин Александрович Подвигин, канд. техн. наук, доцент; e-mail: kapodvigin@chsu.ru

Татьяна Юрьевна Горохова, канд. техн. наук, доцент; e-mail: tiugorokhova@chsu.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Череповецкий государственный университет»
162600, Череповец, пр-т Луначарского, 5. Тел. 8 (202) 55-65-97

Victoria Vladimirovna Zakharova, Assistant; e-mail: viksuta@gmail.com

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Donetsk national technical university»
283001, Donetsk, Artema St., 58. Phone: +7 (856) 301-07-09

Ekaterina Viktorovna Podvigina, Head of Research of Academician I. P. Bardin Center
for Scientific Collaboration; e-mail: evpodvigina@chsu.ru

Konstantin Alexandrovich Podvigin, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor; e-mail: kapodvigin@chsu.ru

Tatyana Yuryevna Gorokhova, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor; e-mail: tiugorokhova@chsu.ru

Cherepovets State University

162600, Cherepovets, Lunacharsky St., 5. Phone: 8 (202) 55-65-97

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА ЗОНЫ С НОРМАТИВНЫМИ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ В ГОРНОЙ ВЫРАБОТКЕ НЕФТЯНОЙ ШАХТЫ

PREDICTING THE DYNAMICS OF THE VOLUME CHANGE OF THE ZONE WITH STANDARD MICROCLIMATIC CONDITIONS IN A MINE WORKING OF AN OIL SHAFT

Цель работы. Прогнозирование динамики изменения объема зоны с нормативными микроклиматическими условиями в горной выработке нефтяной шахты на основе математического моделирования смешения охлажденной воздушной струи, исходящей из воздухоохлаждающей установки с льдосоляными аккумуляторами холода, и попутного воздушного потока горной выработки, с учетом нестационарности работы аккумуляторов и источников тепловыделения.

Методы. Численные методы: CFD-моделирование; конечно-разностный метод; параметрические исследования влияния температуры льда, скорости потоков и износа изоляции на динамику изменения объема зоны с нормативными микроклиматическими условиями в горной выработке нефтяной шахты.

Результаты. Разработана математическая модель нестационарного теплообмена, прогнозирующая температуру воздушной струи на выходе из установки при уменьшении массы льдосоляной смеси (фазовом переходе) в аккумуляторах холода. Создана трехмерная модель турбулентного смешения охлажденной и нагретой (попутной) воздушных струй, выявляющая прямую зависимость эффективной зоны охлаждения от скорости истечения охлажденной струи, увеличение скорости обуславливает пропорциональное расширение фронта охлажденного потока воздуха. Обоснована прогнозная модель рабочей зоны с нормативной температурой, демонстрирующая зависимость ее объема от динамических параметров охлажденной струи: температуры, скорости и влагосодержания.

Научная новизна. Впервые предложена иерархичная математическая модель, интегрирующая: нестационарный теплообмен в установке с фазовыми переходами льда; 3D-турбулентное смешение струй с учетом плавучести и влагопереноса; пространственно-временной критерий зоны комфорта на основе индикаторной функции. Установлена детерминация динамики нормативных условий параметрами струи. Обоснована адекватность модели реальным процессам в шахтных выработках.

Практическая значимость. Результаты позволяют оптимизировать эксплуатацию шахтных установок воздушного охлаждения с льдосоляными аккумуляторами. Разработанные модели обеспечивают выбор

критических параметров: оптимального диапазона скоростей истечения, интервалов замены энергоносителя при его деградации, а также режимов предварительного охлаждения льда для продления эффективной работы. Внедрение решений направлено на повышение безопасности горноремонтных работ в условиях экстремального микроклимата.

Ключевые слова: турбулентное смешение струй; охлаждение воздуха; аккумуляторы холода; математическая модель; нефтяные шахты.

Для цитирования: Захарова В. В., Подвигина Е. В., Подвигин К. А., Горохова Т. Ю. Прогнозирование динамики изменения объема зоны с нормативными микроклиматическими условиями в горной выработке нефтяной шахты // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 48–58. – EDN UNFVLE

Objective: to predict the dynamics of the volume change of the zone with standard microclimatic conditions in a mine working of an oil shaft based on mathematical modeling of the mixing of the cooled air jet exiting the air-cooling unit equipped with ice-salt cold accumulators and the concurrent airflow in the mine working, accounting for the non-stationary operation of the accumulators and heat sources.

Methods: Numerical methods: CFD modeling (ANSYS Fluent) for analyzing 3D-turbulent mixing of a cooled jet with a co-flow in a mine working; finite difference method for calculating unsteady heat transfer in the installation, including the dynamics of air temperature and moisture content during ice melting; parametric studies of the effects of ice temperature, flow velocities, and insulation degradation on the dynamics of the volume change of the zone with standard microclimatic conditions in the mine working of an oil shaft.

Results: a mathematical model of unsteady heat exchange was developed to predict the temperature of the air jet at the unit outlet during the reduction of the ice-salt mixture mass (phase transition) in the cold accumulators. A three-dimensional model of turbulent mixing of cooled and heated (concurrent) air jets was created, revealing a direct dependence of the effective cooling zone on the velocity of the cooled jet: increased velocity proportionally expands the front of the cooled air flow. A predictive model of the working zone with normative temperature was substantiated, demonstrating the dependence of its volume on the dynamic parameters of the cooled jet: temperature, velocity, and moisture content.

Scientific novelty: For the first time, a hierarchical mathematical model was proposed integrating: unsteady heat exchange in the unit with ice phase transitions; 3D-turbulent jet mixing considering buoyancy and moisture transfer; a spatiotemporal comfort zone criterion based on an indicator function. The dynamics of normative conditions were shown to be determined by the jet parameters. The adequacy of the model to real processes in mine workings was justified.

Practical significance: The results enable optimization of the operation of mine air-cooling units with ice-salt cold accumulators. The developed models provide selection of critical parameters: optimal velocity ranges of jet outflow, replacement intervals for the energy carrier upon degradation, and pre-cooling regimes of the ice to extend effective operation. Implementation of these solutions aims to enhance safety of mining repair works under extreme microclimatic conditions.

Keywords: turbulent jet mixing; air cooling; cold accumulators; mathematical model; oil mines.

For citation: Zakharova V. V., Podvigina E. V., Podvigin K. A., Gorokhova T. Yu. Predicting the dynamics of the volume change of the zone with standard microclimatic conditions in a mine working of an oil shaft. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 48-58. EDN UNFVLE

Виктория Валентиновна Лебедева, канд. техн. наук, нач. отд.;
e-mail: v.lebedeva@80.mchs.gov.ru
Федеральное государственное казенное учреждение
«Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России»
283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел.: +7 (856) 252-78-55

Victoria Valentinovna Lebedeva, Cand. of Tech. Sci., Head of Department;
e-mail: v.lebedeva@80.mchs.gov.ru
Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator» EMERCOM of Russia»
283048, Donetsk, Artyoma St., 157, Phone: +7 (856) 252-78-55

БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ОКОЛОШТРЕКОВЫХ ПОЛОС

FAST-HARDENING MATERIAL FOR CONSTRUCTING NEAR-MINE STRIPS

Цель. Разработка быстротвердеющего гипсоцементного материала с высокой ранней прочностью для возведения литых несущих околоштрековых полос в шахтах.

Методы. Экспериментальные исследования с использованием стандартных методов определения времени начала и конца схватывания гипсоцементной растворной смеси; предела прочности при сжатии отвержденного материала.

Результаты. Разработан компонентный состав гипсоцементного материала, обладающего необходимой ранней и конечной механической прочностью для возведения несущих околоштрековых полос гидромеханическим способом в шахтных условиях интенсивного роста нагрузок со стороны породного массива. Определены технологические параметры приготовления и перекачивания гипсоцементного раствора с применением разработанного материала, подтверждающие практическую возможность возведения литых несущих околоштрековых полос гидромеханическим способом в шахтах.

Научная новизна. Разработана рецептура быстротвердеющего гипсоцементного материала, отличающегося от известных минеральных смесей высокой ранней прочностью, а также преимуществами в геомеханическом и технологическом аспектах.

Практическая значимость. Прочностные характеристики разработанного гипсоцементного материала позволяют использовать его для возведения несущих околоштрековых полос, взрывоустойчивых перемычек, проведения крепежных и закладочных работ в шахтах, а также в качестве вяжущего для получения бетона при производстве цементных взрывоустойчивых панелей, мостовых сооружений и других объектов.

Ключевые слова: горная выработка; водотвердое соотношение; цементная смесь; механическая прочность на одноосное сжатие; время твердения.

Для цитирования: Лебедева В. В. Быстротвердеющий материал для возведения околоштрековых полос // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3(62). – С. 59–65. EDN POOLMG

Objective. Development of a fast-hardening gypsum-cement material with high early strength for the construction of cast bearing near-track strips in mines.

Methods. Experimental studies using standard methods for determining the start and end times of setting of a gypsum-cement mortar mixture; the compressive strength of the cured material.

Results. The component composition of the gypsum-cement material, which has the necessary early and final mechanical strength for the construction of bearing near-track bands by the hydro-mechanical method in the mine conditions of intensive growth of loads from the rock mass, has been developed. The technological parameters of the preparation and pumping of the gypsum-cement mortar using the developed material have been determined, confirming the practical possibility of constructing cast bearing near-track bands by the hydro-mechanical method in mines.

Scientific novelty. A formula has been developed for a fast-hardening gypsum cement material that differs from known mineral mixtures in its high early strength, as well as advantages in geomechanical and technological aspects.

Practical significance. The strength characteristics of the developed gypsum-cement material allow it to be used for the construction of load-bearing near-mine strips, explosion-resistant lintels, and for fastening and filling operations in mines, as well as for use as a binder for producing concrete in the production of cement explosion-resistant panels, bridges, and other structures.

Keywords: mine working; water-solid ratio; cement mixture; mechanical strength in uniaxial compression; curing time.

For citation: Lebedeva V. V. Fast-hardening material for constructing near-mine strips. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 59-65. EDN POOLMG

Александр Викторович Мавроди, канд. техн. наук, нач. отд.; e-mail: mavrodi-av@mail.ru
Андрей Викторович Ивахненко, мл. науч. сотр.; e-mail: andrey_ivahnenko@mail.ru
Федеральное государственное казенное учреждение
«Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России»
283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел.: +7 (856) 252-78-34

Aleksandr Viktorovich Mavrodi, Cand. of Tech. Sci., Head of Dep.; e-mail: mavrodi-av@mail.ru
Andrey Viktorovich Ivakhnenko, Junior Researcher; e-mail: andrey_ivahnenko@mail.ru
Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator» EMERCOM of Russia»
283048, Donetsk, Artyoma St., 157. Phone: +7 (856) 252-78-34

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ШАХТ ПРИ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРАХ

IMPROVING PERSONNEL SAFETY AT SURFACE MINE COMPLEXES DURING OF UNDERGROUND FIRES

Цель. Обосновать меры по обеспечению безопасности работников поверхностных комплексов шахт от воздействия опасных газов, проникающих в здания и сооружения при подземных пожарах.

Методика. Использованы информационно-аналитические исследования, анализ и обобщение современных информационных источников, анализ аварийности на угледобывающих предприятиях, опыт ликвидации военизированными горноспасательными формированиями подземных и поверхностных пожаров.

Результаты. Установлено влияние реверсирования вентиляционной струи на динамику распространения пожарных газов через переходной тоннель в здания и сооружения поверхностного комплекса шахты.

Научная новизна. Получены математические зависимости определения объема пожарных газов, проникающих в здания и сооружения поверхностного комплекса шахты при подземных пожарах, зависящие от величины потери депрессии надшахтного здания и расхода воздуха в нем.

Практическая значимость. Проведенные исследования позволяют предварительно выполнить моделирование аварийного вентиляционного режима шахты при пожаре с учетом утечек воздуха в зданиях и сооружениях поверхностного комплекса и разработать комплекс мер безопасности по недопущению распространения опасных газов для работников предприятия, обслуживающих данные поверхностные комплексы.

Ключевые слова: проветривание, реверсирование, пожарные газы, поверхностный комплекс, меры безопасности, горноспасательная служба.

Для цитирования: Мавроди А. В., Ивахненко А. В. Повышение безопасности работников поверхностных комплексов шахт при подземных пожарах // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 66–72. – EDN XRMPRD

Purpose. Justify measures at ensuring the safety of workers in surface mine complexes from the effects of hazardous gases that penetrate buildings and structures during underground fires.

Methodology. Uses information and analytical research, analysis and generalization of modern information sources, analysis of accidents at coal mining enterprises, and the experience of underground and surface firefighting by paramilitary mine rescue units.

Results. The effect of reversing the ventilation jet on the dynamics of fire gases propagation through the transition tunnel into the buildings and structures of the surface complex of the mine has been studied.

Scientific novelty. Mathematical dependences of determining the volume of fire gases penetrating into the buildings and structures of the surface complex of the mine during underground fires depending on the value of the loss of depression of the above-mine building and the air flow in it have been proposed.

Practical significance. The conducted research allows for the pre-simulation of the mine's emergency ventilation mode during a fire, taking into account air leaks in the buildings and structures of the surface complex, and the development of a set of safety measures to prevent the spread of hazardous gases for the employees of the enterprise who maintain these surface complexes.

Keywords: ventilation; reversing; fire gases; surface complex; safety measures; mine rescue service.

For citation: Mavrodi A. V., Ivakhnenko A. V. Improving personnel safety at surface mine complexes during of underground fires. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 66-42. EDN XRMPRD

*Андрей Петрович Кирьян, канд. техн. наук, начальник института; e-mail: a.kiryan@igps.80.mchs.gov.ru
Федеральное государственное казенное учреждение
«Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России»
283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел.: +7 (856) 252-78-01*

*Andrey Petrovich Kiryan, Cand. of Tech. Sci., Head of the Institute; e-mail: a.kiryan@igps.80.mchs.gov.ru
Federal State Institution «The Scientific Research Institute «Respirator» EMERCOM of Russia»
283048, Donetsk, Artema St., 157. Phone: +7 (856) 252-78-01*

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЭКСТРЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ ГОРНОРАБОЧИХ И СПАСАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ ШАХТ

METHODS AND TECHNICAL MEANS FOR EMERGENCY COOLING OF INJURED MINERS AND RESCUERS AT HIGH TEMPERATURES IN MINING WORKINGS

Цель. Разработать методы и технические средства экстренного охлаждения пострадавших горнорабочих и спасателей при высоких температурах в горных выработках угольных шахт.

Методы. Использованы аналитический и экспериментальный методы исследования с обработкой результатов при использовании пакетов прикладных компьютерных программ.

Результаты. Проведены исследования теплообменных процессов в системе «внешняя среда – защитная одежда – горноспасатель (горнорабочий)» с охлаждающим быстроразъемным костюмом и пакетом химическим охлаждающим, определены параметры и время защитного действия предложенных средств. Определены технические и эксплуатационные параметры средств защиты горнорабочих и спасателей, обеспечивающие повышение безопасности и эффективности работы при эрготермических нагрузках в угольных шахтах.

Научная новизна. Предложены усовершенствованные методы и средства оказания оперативной доврачебной помощи пострадавшим горнорабочим и горноспасателям при высоких температурах в горных выработках аварийных участков угольных шахт, которые отличаются от существующих аналогов возможностью экстренного охлаждения в быстроразъемных костюмах или пакетах химических охлаждающих.

Практическая значимость. Результаты исследований позволят повысить безопасность труда горнорабочих и эффективность ведения горноспасательных работ в угольных шахтах.

Ключевые слова: угольная шахта; аварийный участок; горная выработка; высокая температура; методы и средства экстренного охлаждения; быстроразъемный костюм; пакет химический охлаждающий; горнорабочий; горноспасатель; повышение безопасности труда.

Для цитирования: Кирьян А. П. Методы и технические средства экстренного охлаждения пострадавших горнорабочих и спасателей при высоких температурах в горных выработках шахт // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 73–79. – EDN PHHKEQ

Purpose. Develop methods and technical means for emergency cooling of injured miners and rescuers at high temperatures in coal mine workings.

Methods. Analytical and experimental research methods were used with processing of results using application software packages.

Results. The heat exchange processes in the system «external environment – protective clothing – mine rescuer (miner)» with a cooling quick-release suit and a chemical cooling package were studied, the parameters and time of protective action of the proposed means were determined. The technical and operational parameters of the means of protection for miners and rescuers were determined, ensuring increased safety and efficiency of work under ergothermic loads in coal mines.

Scientific novelty. Improved methods and means of providing emergency first aid to injured miners and mine rescuers at high temperatures in mine workings of emergency sections of coal mines are proposed, which differ from existing analogues by the possibility of emergency cooling in quick-release suits or packages of chemical cooling agents.

Practical value. The research results will improve the safety of miners and the efficiency of mine rescue operations in coal mines.

Keywords: coal mine; emergency area; mine workings; high temperature; emergency cooling methods and means; quick-release suit; chemical cooling pack; miner; mine rescuer; improving occupational safety.

For citation. Kiryan A. P. Methods and technical means for emergency cooling of injured miners and rescuers at high temperatures in mine workings. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 73-79. EDN PHHKEQ

Дмитрий Алексеевич Колеров, преподаватель; e-mail: dima11rus@inbox.ru
Владимир Федорович Щетка, канд. воен. наук, проф.; e-mail: vfsche@mail.ru
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский пр., 149. Тел.: +7 (812) 645-20-34
Алексей Маркович Шупенко, зам. нач. управления аналитического; e-mail: shupenko_a@mail.ru
Главное управление «Национальный центр управления в кризисных ситуациях» МЧС России
121357, Москва, ул. Ватутина, 1. Тел.: +7 (495) 983-79-01

Dmitry Alekseevich Kolerov, tutor; e-mail: dima11rus@inbox.ru
Vladimir Fedorovich Shchetka, Dr. of Military Sci., prof.; e-mail: vfsche@mail.ru
St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia
196105, St. Petersburg, Moskovsky Ave., 149. Phone: +7 (812) 645-20-34
Alexey Markovich Shupenko, Deputy Head of the Analytical Department; e-mail: shupenko_a@mail.ru
National Crisis Management Center of the Russian Emergencies Ministry
121357, Moscow, Vatutina St., 1. Phone: +7 (495) 983-79-01

СИСТЕМАТИКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ВОЕННЫМИ КОНФЛИКТАМИ

SYSTEMATICS OF EMERGENCY SITUATIONS CAUSED BY MILITARY CONFLICTS

Цель. Проведение системной классификации чрезвычайных ситуаций, обусловленных военными конфликтами для разработки соответствующего терминологического аппарата, а также раскрытия отличий между понятиями «вооруженный» и «военный конфликт», определения их возможных источников и повышения эффективности реагирования на них.

Методы. Использованы сведения отечественных (E-library) и зарубежных (Scholar Google Academy) баз данных научных исследований, а также основные положения теории системного анализа, критический анализ научных публикаций.

Результаты. Проведена системная классификация чрезвычайных ситуаций, обусловленных военными конфликтами. Определены источники их возникновения и проблемные вопросы в данной области.

Научная новизна. Впервые разработан терминологический аппарат, систематизирующий чрезвычайные ситуации, обусловленные военными конфликтами. Раскрыты отличия между понятиями «вооруженный» и «военный конфликт», дано определение чрезвычайной ситуации, обусловленной вооруженными (военными) конфликтами, проведена их классификация, определены возможные источники и дана их характеристика.

Практическая значимость. Разработанный терминологический аппарат, систематизирующий чрезвычайные ситуации, обусловленные военными конфликтами, позволит эффективнее реагировать на них и учитывать возможные источники возникновения для прогнозирования и проведения комплекса превентивных мероприятий.

Ключевые слова: *систематика; системная классификация; чрезвычайные ситуации; ЧС; источник ЧС; характеристика ЧС; военные конфликты; вооруженные конфликты; Специальная военная операция; СВО.*

Для цитирования: Колеров Д. А., Щетка В. Ф., Шупенко А. М. Систематика чрезвычайных ситуаций, обусловленных военными конфликтами // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 80–88. – EDN UYEZQT

Objective. Conducting a systemic classification of emergency situations caused by military conflicts in order to develop an appropriate terminology, as well as to disclose the differences between the concepts of «armed» and «military conflict», determine their possible sources and improve the effectiveness of response to them.

Methods. The research materials include publications from both domestic (E-library) and foreign (Scholar Google Academy) scientific research databases. The research methods include the basic provisions of the theory of systems analysis, as well as a critical analysis of scientific publications.

Results. A systemic classification of emergency situations caused by military conflicts has been conducted. The sources of their occurrence have been determined. A number of problematic issues in this area have been revealed.

Scientific novelty. For the first time, a terminology has been developed that systematizes emergency situations caused by military conflicts. The differences between the concepts of «armed» and «military conflict» have been disclosed, an emergency situation caused by armed (military) conflicts has been defined, their classification has been carried out, possible sources have been determined and their characteristics have been given.

Practical significance. The developed terminology, systematizing emergency situations caused by military conflicts, will allow to respond to them more effectively and take into account possible sources of occurrence in order to forecast and implement a set of preventive measures.

Keywords: *taxonomy; system classification; emergency situations; ES; source of ES; characteristics of ES; military conflicts; armed conflicts; Special military operation; SMO.*

For citation: Kolerov D. A., Shchetka V. F., Shupenko A. M. Systematics of emergency situations caused by military conflicts. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 80-88. EDN UYEZQT

Мария Александровна Кузнецова, асп., ст. преп. каф., e-mail: kma-kai@yandex.ru

Сирена Наилевна Зарипова, д-р техн. наук, доцент, профессор каф., e-mail: zsn10@mail.ru

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ»
420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10. Тел.: +7 (843) 231-59-92*

Maria Alexandrovna Kuznetsova, Postgraduate Student, Senior Lecturer; e-mail: kma-kai@yandex.ru

Sirena Nailevna Zaripova, Dr. of Tech. Sci., Associate Prof, Professor; e-mail: zsn10@mail.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI»

420111, Russia, Republic of Tatarstan, Kazan, Karl Marx Street, 10. Phone: 8 (843) 231-59-92

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА КОМПЛЕКТОВАНИЯ ШТАТОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА

SUBSTANTIATION OF THE RATIONAL STAFFING APPROACH FOR TERRITORIAL DIVISIONS OF THE STATE FIRE SUPERVISION

Цель. Научно-методическое обоснование рационального варианта закрепления вузов, находящихся в ведении Минобрнауки России и реализующих образовательные программы пожарно-технического профиля, за территориальными подразделениями Государственного пожарного надзора (далее – ТП ГПН).

Методы. В статье использованы методы наблюдения, сравнения, анализа и синтеза, математического моделирования.

Результаты. Выявлена проблемная ситуация, заключающаяся в снижении уровня укомплектованности штатов ТП ГПН, которое сопровождается увеличением нагрузки сотрудников ГПН, снижением качества проводимых контрольно-надзорных мероприятий. В условиях, когда восполнение дефицита кадров не представляется возможным только за счет образовательных организаций МЧС России, являющихся основным источником комплектования штатов ТП ГПН, предлагается для устранения некомплекта сотрудников ГПН привлекать ресурсы образовательных организаций Минобрнауки России, реализующих образовательные программы пожарно-технического профиля. В статье описана постановка задачи, предложен научно-методический подход к ее решению.

Научная новизна. Предложено научное обоснование методики решения задачи кадрового обеспечения штатов территориальных подразделений Государственного пожарного надзора.

Практическая значимость. Реализация результатов исследования позволит повысить укомплектованность кадров ТП ГПН, долю сотрудников ГПН с профильным образованием и качество проводимых контрольно-надзорных мероприятий за счет адресной подготовки специалистов по образовательным программам пожарно-технического профиля на базе образовательных организаций Минобрнауки России.

Ключевые слова: *Государственный пожарный надзор; контрольно-надзорные мероприятия; укомплектованность штатов; территориальные подразделения; образовательные организации.*

Для цитирования: Кузнецова М. А., Зарипова С. Н. Обоснование рационального варианта комплектования штатов территориальных подразделений Государственного пожарного надзора // Научный вестник НИИ «Респиатор». – 2025. – № 3 (62). – С. 89–96. – EDN WSKNGH

Objective. To provide a scientific and methodological rationale for addressing staff shortages in territorial divisions of the State Fire Supervision (hereinafter referred to as TD SFS) through the optimal allocation of higher education institutions under the jurisdiction of the Russian Ministry of Science and Higher Education that offer fire safety and engineering programs.

Methods. The study employs observation, comparison, analysis, synthesis, and mathematical modeling.

Results. The study identifies a critical issue: declining staffing levels in TD SFS, which leads to increased workload for SFS officers and reduced quality of control and supervisory measures. Under current conditions, when staffing shortages cannot be resolved solely through educational institutions of EMERCOM of Russia, the study proposes to address SFS staff shortages by utilizing resources of educational institutions under the Russian Ministry of Science and Higher Education that implement fire safety engineering programs. The article describes the problem statement and proposes a scientific-methodological approach to its solution.

Scientific novelty. The novelty of the research lies in the formulation of the problem and the proposed solution framework. The developed methods for sequentially addressing three specific sub-tasks enable a solution to this pressing practical challenge.

Practical value. Implementing the study's findings will improve staffing levels in TD SFS, increase the proportion of fire supervision personnel with specialized education, and consequently enhance the quality of control and supervisory measures through targeted training of specialists in fire safety and engineering programs at institutions under the Russian Ministry of Science and Higher Education.

Keywords: *State Fire Supervision; control and supervisory measures; staffing levels; territorial divisions; educational institutions.*

For citation: Kuznetsova M. A., Zaripova S. N. Substantiation of the rational staffing approach for territorial divisions of the State Fire Supervision. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 89-96. EDN WSKNGH

Светлана Александровна Гарелина, канд. техн. наук., доц., профессор кафедры;
e-mail: s.garelina@agz.50.mchs.gov.ru

Константин Павлович Латышенко, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры;
e-mail: kplat@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»
141435, Московская обл., г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, 1А. Тел.: 8 (498) 699-05-59

Svetlana Aleksandrovna Garelina, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, Professor of the Department;
e-mail: s.garelina@agz.50.mchs.gov.ru

Konstantin Pavlovich Latyshenko, Dr. of Tech. Sci., Professor, Professor of the Department;
e-mail: kplat@mail.ru

Federal State Budget Military Educational Institution of Higher Education
«The Civil Defence Academy of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence,
Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
141435, Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, Sokolovskaya st., 1A. Phone: 8(498)699-05-59

МОДУЛЬНЫЙ АНАЛИТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ЗАМКНУТЫХ ОБЪЕМАХ

MODULAR ANALYTICAL AND EXPERIMENTAL METHOD FOR FORECASTING AIR POLLUTION IN ENCLOSED SPACES

Цель. Обосновать метод прогнозирования концентраций опасных веществ, кислорода и углекислого газа в замкнутых помещениях для определения допустимого времени пребывания укрываемых лиц, формирования управленческих решений по режимам вентиляции и регенерации воздуха, а также для построения прогностических моделей в условиях дефицита исходных данных.

Методика. Методика основана на аналитическом решении уравнений материального баланса с использованием данных инструментальных измерений параметров атмосферы, что обеспечивает сочетание теоретической обоснованности и практической применимости.

Результаты. Модульный аналитико-экспериментальный метод, включающий четыре взаимосвязанных блока: аналитическое моделирование концентраций опасных веществ при различных сценариях поступления и режимах вентиляции; моделирование дыхательной нагрузки укрываемых лиц, учитывающее потребление кислорода и накопление углекислого газа; прогнозирование момента достижения критических концентраций по результатам дискретных

измерений; интеграцию в информационно-измерительную систему для автоматического формирования сигналов реагирования.

Научная новизна. Впервые реализована возможность интеграции прогноза в информационно-измерительные системы с автоматическим формированием сигналов реагирования на основе комплексного учёта внешнего загрязнения и дыхательной нагрузки, унификации сценариев поступления опасных веществ, использовании аппроксимации по дискретным измерениям и обеспечении аналитической решаемости моделей.

Практическая значимость. Определяется возможностью адаптивного управления режимами вентиляции, продлением времени безопасного пребывания и повышением уровня защиты укрываемых лиц. Метод может использоваться при проектировании и эксплуатации убежищ, бункеров, подземных сооружений и промышленных объектов, обеспечивая научное обоснование режимов вентиляции, своевременное принятие решений по эвакуации и применение систем регенерации воздуха.

Ключевые слова: *защитные сооружения гражданской обороны; математическое моделирование; концентрация; кислород; углекислый газ; опасные вещества; время пребывания укрываемых; вентиляционная система; предельно допустимая концентрация; режим работы вентиляции.*

Для цитирования: Гарелина С. А., Латышенко К. П. Модульный аналитико-экспериментальный метод прогнозирования загрязнения воздушной среды в замкнутых объёмах // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2025. – № 3 (62). – С. 97–106. – EDN RQLFYK

Objective. To substantiate a method for predicting the concentrations of hazardous substances, oxygen, and carbon dioxide in confined air volumes in order to determine the permissible time of human occupancy, to support decision-making on ventilation modes and air regeneration, as well as to build predictive models under conditions of limited initial data.

Methods. The approach is based on the analytical solution of material balance equations combined with data from instrumental measurements of atmospheric parameters, which ensures both theoretical validity and practical applicability.

Results. A modular analytical-experimental method has been developed, comprising four interrelated components: analytical modeling of hazardous substance concentrations under various intake and ventilation scenarios; modeling of respiratory load, accounting for oxygen consumption and carbon dioxide accumulation; forecasting of critical threshold exceedance based on discrete measurement data; integration into an information-measurement system for automated alert generation.

Scientific novelty. The research novelty lies in the comprehensive consideration of external contamination and respiratory load, the unification of pollutant intake scenarios, the use of discrete data approximation for forecasting under incomplete information, and the preservation of analytical solvability of the models. For the first time, the method enables integration of forecasts into information-measurement systems with automated alert generation.

Practical value. The method provides adaptive control of ventilation regimes, extends the safe occupancy time, and enhances the level of protection for sheltered individuals. It can be applied in the design and operation of shelters, bunkers, underground facilities, and industrial sites, ensuring justified ventilation regimes, timely evacuation decisions, and the application of air regeneration systems.

Keywords: *civil defense shelters; mathematical modeling; concentration; oxygen; carbon dioxide; hazardous substances; occupancy time; ventilation system; maximum permissible concentration; ventilation regime.*

For citation: Garelina S. A., Latyshenko K. P. Modular analytical and experimental method for forecasting air pollution in enclosed spaces. *Scientific bulletin of the NII «Respirator»*, 2025, no. 3 (62), pp. 97-106. EDN RQLFYK
