

*Владимир Григорьевич Агеев, д-р техн. наук, директор; e-mail: [respirator@mail.dnmchs.ru](mailto:respirator@mail.dnmchs.ru);*

*Святослав Павлович Греков, д-р техн. наук, гл. науч. сотр.; e-mail: [obep.niigd@list.ru](mailto:obep.niigd@list.ru);*

*Александр Михайлович Симонов, нач. отд.; e-mail: [avrstla@mail.ru](mailto:avrstla@mail.ru);*

*Александр Александрович Всякий, науч. сотр.; e-mail: [sentyabr.eger@inbox.ru](mailto:sentyabr.eger@inbox.ru)*

*Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР*

*283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-81*

## **ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ШАХТАХ ДНР: ИХ ОБНАРУЖЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИКА**

*Vladimir Grigoryevich Ageyev, Dr. Sci. (Tech.), director; e-mail: [respirator@mail.dnmchs.ru](mailto:respirator@mail.dnmchs.ru);*

*Svyatoslav Pavlovich Grekov, Dr. Sci. (Tech.), senior research scientist; e-mail: [niigd@mail.ru](mailto:niigd@mail.ru);*

*Aleksandr Mikhaylovich Simonov, head of department; e-mail: [avrstla@mail.ru](mailto:avrstla@mail.ru);*

*Aleksandr Aleksandrovich Vsyakiy, scientific associate; e-mail: [sentyabr.eger@inbox.ru](mailto:sentyabr.eger@inbox.ru)*

*The “Respirator” State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,*

*Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR*

*283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-81*

## **SPONTANEOUS MINE FIRES OUTBREAKS IN MINES OF THE DONETSK PEOPLE’S REPUBLIC: THEIR DETECTION AND FIRE PRECAUTION**

**Цель.** Анализ горно-геологических условий разработки выемочных полей шахт ДНР, характеристик схем проветривания добычных участков, мест и условий возникновения эндогенных пожаров для разработки технологии текущего прогноза самовозгорания угля.

**Методы.** Ретроспективный анализ мест и условий возникновения эндогенных пожаров на шахтах Донбасса за многолетний период, а также условий отработки угольных пластов шахт ДНР.

**Результаты.** Систематизированы происшедшие на шахтах Донбасса эндогенные пожары за 15-летний период по местам и условиям возникновения, схемам отработки выемочных участков. Организация локального прогноза эндогенной пожароопасности по каждому выемочному участку для предотвращения эндогенных пожаров.

**Научная новизна.** Показано, что независимо от степени склонности углей к самовозгоранию возможно возникновение эндогенных пожаров в зонах горно-геологических нарушений, в выработанных пространствах лав и полостях внезапных выбросов за счет того, что профилактические мероприятия проводят не в полной мере, не учитывают горно-геологических и горно-технических условий отработки пластов, что свидетельствует о необходимости организации текущего локального прогноза эндогенной пожароопасности на каждом выемочном участке.

**Практическая ценность.** Внедрение текущего локального прогноза эндогенных пожаров в поле действующих очистных забоев позволит существенно снизить возможность возникновения эндогенных пожаров.

**Ключевые слова:** *самовозгорание; склонность; геологическое нарушение; пожар; вентиляция; выемочный участок.*

**Purpose.** Analysis of mining-and-geological conditions of mining the mining extracted areas of the DPR mines, characteristics of the ventilation schemes of production units, places and conditions of the outbreaks of spontaneous mine fires for the development of technology for current prediction of the coal spontaneous combustion.

**Methods.** Retrospective analysis of places and conditions of the outbreaks of spontaneous mine fires at the Donets Basin mines for the period of many years, as well as of conditions of the extraction of coal seams of the DPR mines.

**Results.** The spontaneous mine fires occurred at the Donets Basin mines for the period of past 15 years have been systemized according to the places and conditions of the outbreak and to the layouts of extraction of working areas. Organization of the local prediction of spontaneous fire hazard of every single working area for prevention of spontaneous mine fire.

**Scientific novelty.** It has been shown that regardless of the degree of coal liability to spontaneous combustion, the outbreak of spontaneous mine fires is possible in the zones of mining-and-geological disturbances, in the mined-out wastes of longwall faces and spaces of sudden coal outbursts because the prevention measures are not carried out to the full extent and do not make allowance for mining-and-geological and mining conditions of the seam extraction which attests to the necessity of organizing and conducting the current local prediction of the spontaneous fire hazard at every working area.

**Practical value.** The implementation of the current local prediction of the spontaneous fires in the field of the active mining faces will make it possible to reduce considerably the possibility of the outbreak of spontaneous fires.

**Keywords:** *spontaneous combustion; liability; geological disturbance; fire; ventilation; working area.*

*Андрей Юрьевич Коляда, нач. отд.; e-mail: [kolyada1980@mail.ru](mailto:kolyada1980@mail.ru);*

*Игорь Феликсович Дикенштейн, науч. сотр.; e-mail: [opbush@mail.ru](mailto:opbush@mail.ru);*

*Дмитрий Сергеевич Буряк, науч. сотр.; e-mail: [buryak\\_ds@rambler.ru](mailto:buryak_ds@rambler.ru)*

*Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР*

*283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-41*

## **ПАРАМЕТРЫ ПОРОШКОВОГО ОБЛАКА ПРИ СРАБАТЫВАНИИ РУЧНЫХ ЗАБРАСЫВАЕМЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

*Andrey Yuryevich Kolyada, head of department; e-mail: [kolyada1980@mail.ru](mailto:kolyada1980@mail.ru);*

*Igor Feliksovich Dikenshteyn, scientific associate; e-mail: [opbush@mail.ru](mailto:opbush@mail.ru);*

*Dmitry Sergeevich Buryak, scientific associate; e-mail: [buryak\\_ds@rambler.ru](mailto:buryak_ds@rambler.ru)*

*The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,*

*Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR*

*283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-41*

## **PARAMETERS OF A POWDER CLOUD DURING ACTIVATION OF HANDHELD THROWABLE FIRE-EXTINGUISHING MEANS**

**Цель.** Построить математическую модель образования порошкового облака и на ее основе определить параметры ручных порошковых средств пожаротушения для эффективного тушения пожаров в зданиях и сооружениях.

**Методика.** Аналитические исследования и математические расчеты параметров забрасываемого огнетушителя типа гранаты, начиненного порошковыми огнетушащими составами.

**Результаты.** Получена зависимость скорости разлета частиц газопорошкового облака от радиуса разлета и начального давления, на основании которой можно определить радиус защитной зоны, массу огнетушащего порошка, давление, необходимый запас газа и требуемое количество забрасываемых огнетушителей. Также получены аналитические зависимости для расчета минимально необходимого количества порошковых огнетушащих составов в одном забрасываемом огнетушителе с зарядом взрывчатых веществ и количества огнетушителей для ликвидации пожаров класса А и В.

**Научная новизна.** Построена математическая модель эволюции порошкового облака, расширяющегося под воздействием сжатого газа или заряда взрывчатых веществ.

**Практическая значимость.** Результаты исследования позволяют создать новые, а также повысить эффективность пожаротушения существующих ручных порошковых средств, которые доставляют огнетушащие средства непосредственно в очаг пожара и предотвращают действие негативных факторов, таких как высокая температура, сильная задымленность, обвал конструкций.

**Ключевые слова:** *порошковое облако; радиус разлета; огнетушащие концентрации; коэффициент сопротивления; ручные порошковые средства пожаротушения.*

**Purpose.** To develop a mathematical model of the powder cloud formation and on the basis of it to determine the parameters of the handheld throwable **dry powder** fire-extinguishing means for effective extinguishing the fires in buildings and constructions.

**Methodology.** Analytical investigations and mathematical calculations of the parameters of the throwable fire-extinguisher, grenade-type, filled with dry chemical fire-extinguishing compositions.

**Results.** The dependence of the projection velocity of the gas-powder cloud particles on the radius of projection and the initial pressure has been obtained, based on which protection zone radius, dry chemical powder mass, pressure, and necessary gas supply and required quantity of the throwable fire-extinguishers may be determined. The analytical dependences for calculation of the minimally necessary quantity of dry chemical powder compositions in one throwable fire-extinguisher with a charge of explosive substances and the quantity of the fire-extinguishers required for elimination of the class A and class B fires have been obtained as well.

**Scientific novelty.** The mathematical model of evolution of the dry powder cloud expanding due to the influence of the compressed gas or the charge of the explosive substances has been developed.

**Practical value.** The investigation results make it possible to create the new throwable fire-extinguishing means as well as to improve the fire-fighting effectiveness of the existing handheld dry powder means that deliver the fire-extinguishing means directly into the seat of fire and prevent the effect of negative factors such as high temperature, concentrated smoke, collapse of constructions.

**Keywords:** *dry powder cloud; radius of projection; fire-extinguishing concentrations; drag coefficient of resistance; handheld dry powder fire-extinguishing means.*

*Георгий Иванович Пептибай, нач. отд.; e-mail: [niigd.osmas-1@mail.ru](mailto:niigd.osmas-1@mail.ru);*

*Николай Александрович Галухин, науч. сотр.; e-mail: [niigd.osmas-7@mail.ru](mailto:niigd.osmas-7@mail.ru);*

*Никита Григорьевич Зинченко, инж. I кат.; e-mail: [niigd.osmas-5@mail.ru](mailto:niigd.osmas-5@mail.ru);*

*Антон Витальевич Еремин, инж.-конструктор I кат.; e-mail: [a.v.eremin18@gmail.com](mailto:a.v.eremin18@gmail.com)*

*Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР*

*283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-36; 332-78-38*

## **ПОЛУЧЕНИЕ И ПОДАЧА ВОДНОГО РАСТВОРА ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ**

*Georgy Ivanovich Pefitbay, head of department; e-mail: [niigd.osmas-1@mail.ru](mailto:niigd.osmas-1@mail.ru);*

*Nikolay Aleksandrovich Galukhin, scientific associate; e-mail: [niigd.osmas-7@mail.ru](mailto:niigd.osmas-7@mail.ru);*

*Nikita Grigoryevich Zinchenko, engineer of the 1<sup>st</sup> category; e-mail: [niigd.osmas-5@mail.ru](mailto:niigd.osmas-5@mail.ru);*

*Anton Vitalyevich Yeryomin, design engineer of the 1<sup>st</sup> category; e-mail: [a.v.eremin18@gmail.com](mailto:a.v.eremin18@gmail.com)*

*The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,*

*Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR*

*283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062)332-78-36, 332-78-38*

## **GENERATION AND DELIVERY OF AN AQUEOUS SOLUTION OF FOAMING AGENT AT LARGE DISTANCES**

**Цель.** Создание устройства для получения и подачи водного раствора пенообразователя на большие расстояния с вынесенным пеногенератором, расчет гидравлических потерь в линиях транспортирования воды и водного раствора пенообразователя, определение области применения.

**Методы.** Синтез конструктивной схемы с использованием трехмерного моделирования. Аналитические методы расчета потерь давления в рукавной линии и местных сопротивлений.

**Результаты.** Разработаны принципиальная гидравлическая схема и конструкция устройства для получения и подачи водного раствора пенообразователя на большие расстояния с вынесенным пеногенератором и насосной подачей пенообразователя. Выполнен расчет потерь давления по длине линии транспортирования воды и водного раствора пенообразователя, определена область применения.

**Научная новизна.** Показано, что доля потерь давления в рукавной линии длиной 1000 м и диаметром 51 мм составляет примерно 6,7 %, неснижаемая доля потерь давления на регуляторе расхода воды и пеногенераторе составляет примерно 84,2 % от общих потерь давления, а общие потери давления – около 0,95 МПа, что существенно превышает нижний предел нормативного давления в пожарно-оросительном трубопроводе. Из-за этого сужается область применения пенного пожаротушения на горные выработки, в которых давление в пожарно-оросительном трубопроводе меньше чем 0,95 МПа.

**Практическая значимость.** Определена область применения дистанционного тушения пожаров воздушно-механической пеной в труднодоступных местах горных выработок. Показано, что за счет сокращения рукавной линии невозможно существенно расширить область применения.

**Ключевые слова:** *рукавная линия; дозирование; пенообразователь; насосная подача; потери давления; пеногенератор.*

**Purpose.** Creation of a device for generation and delivery of the foaming agent aqueous solution at large distances with an offset foam generator, calculation of hydraulic losses in water and foaming agent aqueous solution transport lines, determination of the application area.

**Methods.** Construction diagram synthesis with the three-dimensional modeling applied. Analytical methods of calculation of the pressure losses in a hose line and local resistances.

**Results.** The principal hydraulic circuit diagram and the construction of the device for generation and delivery of the foaming agent aqueous solution at large distances with the external foam generator and pumped foaming agent feed have been developed. The calculation of the pressure losses along the length of the water and foaming agent aqueous solution transport line has been conducted, the application area has been defined.

**Scientific novelty.** It has been shown that the share of pressure losses in the long hose line of 1000 m in length and 51 mm in diameter makes approximately 6.7 %, the irreducible share of pressure losses at the water-flow regulator and the foam generator makes approximately 84.2 % of the total pressure losses, and the total pressure losses make about 0.95MPa which considerably exceeds the lower normative pressure limit in a fire-hose pipeline. It narrows the application area of the foam fire extinguishment at the mine workings where the pressure in the fire-hose pipeline is less than 0.95 MPa.

**Practical value.** The application area of the remote fire extinguishment with air-mechanical foam in the inaccessible places of mine workings has been determined. It has been demonstrated that it is impossible to extend substantially the application area at the expense of reducing the hose line.

**Keywords:** *hose line; proportioning; foaming agent; pumped feed; pressure losses; foam generator.*

**Валерий Владимирович Мамаев**, д-р техн. наук, заместитель директора (по научной работе);  
e-mail: [respirator@mail.dnmchs.ru](mailto:respirator@mail.dnmchs.ru);

**Александр Михайлович Симонов**, нач. отд.; e-mail: [avrstla@mail.ru](mailto:avrstla@mail.ru);

**Александр Владиславович Агарков**, инж. I кат.; e-mail: [aleksander\\_agarkov@mail.ru](mailto:aleksander_agarkov@mail.ru)

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР

283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-34

## **СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО ОТБОРА И АНАЛИЗА ПРОБ ШАХТНОГО ВОЗДУХА**

**Valery Vladimirovich Mamayev**, Dr. Sci. (Tech.), deputy director on science;

e-mail: [respirator@mail.dnmchs.ru](mailto:respirator@mail.dnmchs.ru);

**Aleksandr Mikhaylovich Simonov**, head of department; e-mail: [avrstla@mail.ru](mailto:avrstla@mail.ru);

**Aleksandr Vladislavovich Agarkov**, engineer of the 1<sup>st</sup> category; e-mail: [aleksander\\_agarkov@mail.ru](mailto:aleksander_agarkov@mail.ru)

The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,

Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR

283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-34

## **METHOD OF REMOTE COLLECTION AND ANALYSIS OF MINE AIR SAMPLES**

**Цель.** Анализ недостатков отечественных и зарубежных технологий и оборудования для дистанционного мониторинга и контроля газовой обстановки на аварийных участках угольных шахт, поиск перспективных направлений совершенствования способа дистанционного отбора и анализа проб шахтного воздуха при ведении аварийно-спасательных работ, а также разработка функциональной схемы усовершенствованной системы дистанционного отбора проб на примере установки эжекторной УЭ-1М.

**Методы.** Использован аналитический метод исследования, включающий анализ и обработку специальных литературных источников, а также методы проектирования функциональных схем в системе автоматизированного проектирования и черчения AutoCAD и моделирования работы в программе FluidSIM.

**Результаты.** Дана оценка недостатков и предложены перспективные направления совершенствования способа дистанционного контроля шахтной среды с целью повышения достоверности газового контроля аварийных участков шахт.

**Научная новизна.** Предложена функциональная схема усовершенствованной системы дистанционного отбора проб шахтного воздуха при ведении аварийно-спасательных работ подразделениями горноспасательной службы, достоверность которой подтверждена путем моделирования ее работы.

**Практическая значимость.** Результаты проведенного исследования служат основой для разработки технического задания и конструкторской документации на усовершенствованную систему дистанционного отбора проб шахтного воздуха при ведении аварийно-спасательных работ.

**Ключевые слова:** шахта; горноспасательная служба; аварийный участок; подземные пожары и взрывы; дистанционный отбор и анализ проб шахтного воздуха; контроль газовой обстановки; установка эжекторная УЭ-1М; трубоотборный трубопровод; аварийно-спасательные работы.

**Purpose.** Analysis of disadvantages of the domestic and foreign technologies and equipment for remote monitoring and gas condition control in accident prone sections of coal mines, search for promising directions of improvement of the remote sampling and analysis of mine air samples during carrying-out the emergency and rescue operations, as well as development of the functional diagram of the improved remote sampling system, taking as an example the УЭ-1М ejector installation.

**Methods.** The analytical method of investigation has been applied including analysis and processing of the special literature sources as well as methods of projecting the functional diagrams in the AutoCAD computer-aided design and drafting system and those of modeling the operation in the FluidSIM software.

**Results.** The assessment of the disadvantages has been given and the promising directions for improvement of the remote monitoring of the mine environment with a purpose of increasing the gas monitoring reliability of the accident prone sections of mines have been suggested.

**Scientific novelty.** The functional diagram of the improved system of remote collection of the mine air samples during the emergency and rescue operations by the mine-rescue service subdivisions has been proposed, its reliability has been proven by modeling its operation.

**Practical value.** The results of the conducted investigation serve as the basis for elaboration of the requirement specification and the design documentation of the improved system of remote mine air sampling during carrying-out the emergency and rescue operations.

**Keywords:** mine; mine-rescue service; accident prone section; underground fires and explosions; remote collection and analysis of mine air samples; gas condition monitoring; the УЭ-1М ejector installation; sampling pipeline; emergency and rescue operations.

**Виктория Петровна Орликова**, науч. сотр.; e-mail: [v.orlikova.69@gmail.com](mailto:v.orlikova.69@gmail.com)

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР

283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-81

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЯ ПРИ ЕГО ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСАХ**

**Viktoriya Petrovna Orlikova**, scientific associate; e-mail: [v.orlikova.69@gmail.com](mailto:v.orlikova.69@gmail.com)

The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,

Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR

283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-81

## **PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF COAL DURING ITS SUDDEN OUTBURSTS**

**Цель.** Изучение химической активности угля, выброшенного из зоны газодинамического явления.

**Методика.** Лабораторные и аналитические исследования сорбционных характеристик угля и показателей склонности его к самовозгоранию с помощью хроматографического метода.

**Результаты.** Использование газодсорбционной хроматографии позволило провести сравнительный анализ времени удерживания кислорода в порах угля и его внешней реагирующей поверхности для проб, отобранных из ненарушенного пласта и выброшенного в результате газодинамического явления. Определена критическая температура самовозгорания угля и показана ее высокая корреляция с сорбционными параметрами гетерогенной реакции окисления исследуемых проб. Установлена более низкая критическая температура самовозгорания угля и высокое значение константы скорости окисления при этой температуре, свидетельствующее об увеличении химической активности выброшенного угля.

**Научная новизна.** Исследование влияния газодинамического явления на изменение физико-химических свойств угля с помощью газохроматографического метода.

**Практическая значимость.** Исследования угля в зоне геологических нарушений пласта позволяют предупредить возникновение самовозгорания угля в этой зоне и повысить безопасность труда на угледобывающих предприятиях.

**Ключевые слова:** *внешняя реагирующая поверхность; критическая температура самовозгорания; время удерживания; уголь; выброс; газодинамическое явление.*

**Purpose.** Study of the chemical activity of coal thrown out from the gas-dynamic phenomenon zone.

**Methodology.** Laboratory and analytical investigations of coal sorption characteristics and indices of coal liability to spontaneous combustion with the help of the chromatography method.

**Results.** The application of the gas chromatography has made it possible to conduct the comparison analysis of the oxygen retention time in coal pores and its outer reactive surface for the samples taken from a virgin stratum and thrown out as a result of the gas-dynamic phenomenon.

The critical temperature of the coal spontaneous combustion has been determined, and its high correlation with the sorption parameters of the heterogeneous oxidation reaction of the investigated samples has been demonstrated. The lower critical temperature of the coal spontaneous combustion and the high value of the oxidation velocity constant at this temperature have been established being the evidence of the increase in the chemical activity of the thrown out coal.

**Scientific novelty.** Investigation of the gas-dynamic phenomenon influence on the change of the coal physicochemical properties with the help of the gas chromatography method.

**Practical value.** The investigations of coal in the zone of the seam stratum geological disturbances make it possible to prevent the occurrence of the coal spontaneous combustion in this zone and to improve the occupational safety at the coal-mining enterprises.

**Keywords:** *outer reactive surface; critical temperature of the spontaneous combustion; retention time; coal; outburst; gas-dynamic phenomenon.*

*Алексей Андреевич Козлитин, нач. отд.; e-mail: [kozlitin1942@mail.ru](mailto:kozlitin1942@mail.ru);*

*Виктория Валентиновна Лебедева, ст. науч. сотр.; e-mail: [lebedenish@mail.ru](mailto:lebedenish@mail.ru)*

*Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР*

*283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-55*

## **ПАРАМЕТРЫ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ БЕНЗИНА И КЕРОСИНА ВО ФРАГМЕНТАХ ГОРЕВШИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Aleksey Andreyevich Kozlitin, head of department; e-mail: [kozlitin1942@mail.ru](mailto:kozlitin1942@mail.ru);*

*Viktoria Valentinovna Lebedeva, senior scientific associate; e-mail: [lebedenish@mail.ru](mailto:lebedenish@mail.ru)*

*The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,*

*Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR*

*283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-55*

## **PARAMETERS OF BENZINE AND KEROSENE CHROMATOGRAPHIC DETECTION IN FRAGMENTS OF BURNT MATERIALS**

**Цель.** Выбор оптимальных условий газохроматографического обнаружения и идентификации следовых количеств бензина и керосина в пробах, отобранных с места пожара, на полярном и неполярном сорбенте.

**Методы.** Экспериментальные исследования с применением методов газохроматографического анализа и аккумулятивной хроматографии сложных углеводородных смесей (бензин и керосин). Статистическая обработка экспериментальных данных.

**Результаты.** Приведены результаты экспериментальных исследований эффективного разделения смеси предельных углеводородов нормального и изомерного строения: 3-метилгексана, гептана, 3-метилгептана и октана на полярном сорбенте, а также сложных углеводородных смесей – бензина и керосина на неполярном сорбенте при разных линейных скоростях газового потока. По результатам исследований произведена статистическая обработка и математический расчет высот, эквивалентных теоретической тарелке, коэффициентов А, В и С уравнения Ван-Деемтера и площадей групповых пиков бензина и керосина. Установлена оптимальная линейная скорость газового потока для эффективного и селективного формирования группового пика предельных углеводородов и отделения его от индивидуальных пиков ароматических углеводородов сложных смесей – бензина и керосина.

**Научная новизна.** Впервые изучено влияние скорости газового потока на эффективность разделения смеси предельных углеводородов нормального и изомерного строения – ключевых компонентов нефтепродуктов, а также разделения группы предельных углеводородов от ароматических углеводородов бензина и керосина методом аккумулятивной хроматографии.

**Практическая значимость.** Настоящее исследование позволило сделать вывод о том, что для достижения эффективности и селективности группового разделения сложных смесей (бензин и керосин) методом аккумулятивной хроматографии оптимальная линейная скорость газового потока находится в пределах от 12,8 до 16,3 см/с и главным образом зависит от свойств сорбента. Показано, что кинетическая теория дает основу для оптимизации хроматографического процесса обнаружения следовых количеств исследуемых веществ. Высокая чувствительность метода аккумулятивной хроматографии (ниже  $10^{-9}$  г/см<sup>3</sup>) позволила исключить дополнительные стадии подготовки проб – экстракцию и концентрирование, с которыми связано наибольшее количество возможных погрешностей, искажающих результаты анализа и последующей идентификации инициаторов горения при проведении пожарных исследований фрагментов материалов, изъятых с места пожара.

**Ключевые слова:** аккумулятивная хроматография; бензин; время выхода; групповой пик; керосин; линейная скорость; объемная скорость; оптимизация.

**Purpose.** Selection of the optimum conditions of the gas chromatographic detection and identification of the trace quantities of benzine and kerosene in the samples taken from the place of fire on a polar and non-polar sorbent.

**Methods.** Experimental investigations with application of gas chromatographic analysis and accumulative gas chromatography methods of complex hydrocarbon mixtures (benzine and kerosene). Statistical processing of the experimental data.

**Results.** The results of the experimental investigations of the effective separation of the mixture of saturated hydrocarbons of normal and isomeric structure have been presented: 3-methylhexane, heptane, 3-methylheptane and octane on the polar sorbent as well as the complex hydrocarbon mixtures – benzine and kerosene on the non-polar sorbent with different linear velocities of a gas flow.

According to the investigation results the statistical processing and mathematical calculation of the heights equivalent to the theoretical plate, the A, B and C coefficients of the Van-Deemter equation and the areas of the benzene and kerosene group peaks have been conducted.

The optimum linear velocity of the gas flow has been established for effective and selective formation of the group peak of the saturated hydrocarbons and its separation from the individual peaks of the aromatic hydrocarbons of the complex mixtures, i.e. benzine and kerosene.

**Scientific novelty.** For the first time ever the influence of the gas flow velocity on the efficiency of the separation of the saturated hydrocarbons mixture of normal and isomeric structure, i.e. the key components of oil products, as well as on the separation of the saturated hydrocarbons group from the aromatic hydrocarbons of benzene and kerosene by the accumulative chromatography method has been studied.

**Practical value.** The current investigation has made it possible to conclude that for obtaining the efficiency and selectivity of the group separation of the complex mixtures (benzene and kerosene) by the accumulative chromatography method the optimum linear velocity of the gas flow stays within the margins from 12.8 up to 16.3 cm/s and essentially depends on the sorbent properties. It has been demonstrated that the kinetic theory provides a ground for optimization of the chromatographic process to detect the trace quantities of the substances under investigation. The high sensitivity of the accumulative chromatography method (below  $10^{-9}$  g/cm<sup>3</sup>) has made it possible to exclude the additional stages of the sample preparation, i.e. extraction and concentration, both are linked to the highest number of probable errors corrupting the results of the analysis and further identification of accelerants during the fire investigations of material fragments extracted from the place of fire.

**Keywords:** *accumulative chromatography; benzene; exit time; group peak; kerosene; linear velocity; volume velocity; optimization.*

*Алексей Андреевич Козлитин, нач. отд.; e-mail: [kozlitin1942@mail.ru](mailto:kozlitin1942@mail.ru);*

*Виктория Валентиновна Лебедева, ст. науч. сотр.; e-mail: [lebedenish@mail.ru](mailto:lebedenish@mail.ru);*

*Игорь Николаевич Непочатых, науч. сотр.; e-mail: [tamdoka@mail.ru](mailto:tamdoka@mail.ru)*

*Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР  
283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-55*

#### **МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ ИНИЦИАТОРОВ ГОРЕНИЯ ВО ФРАГМЕНТАХ ГОРЕВШИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Aleksey Andreyevich Kozlitin, head of department; e-mail: [kozlitin1942@mail.ru](mailto:kozlitin1942@mail.ru);*

*Viktoria Valentinovna Lebedeva, senior scientific associate; e-mail: [lebedenish@mail.ru](mailto:lebedenish@mail.ru);*

*Igor Nikolayevich Nepochatykh, scientific associate; e-mail: [tamdoka@mail.ru](mailto:tamdoka@mail.ru)*

*The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,  
Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR*

*283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-55*

#### **METHODOLOGY OF DETECTION OF ACCELERANTS IN FRAGMENTS OF BURNT MATERIALS**

**Цель.** Разработка методики обнаружения остатков легковоспламеняющихся жидкостей – средств совершения поджогов в материалах, изъятых с места пожара.

**Методы.** Извлечение остатков легковоспламеняющихся жидкостей из ткани, грунта, древесины методом десорбции. Исследования газообразных проб методами аккумулятивной и газожидкостной хроматографии. Математическая обработка данных и оценка значений показателей точности измерений.

**Результаты.** Разработаны сорбенты для рабочих и контрольных насадочных колонок, комплексная методика извлечения и обнаружения следов ацетона, этилацетата, бензола и толуола – основных компонентов легковоспламеняющихся жидкостей методом газожидкостной хроматографии, а также бензина и керосина – методом аккумулятивной хроматографии во фрагментах горевших материалов. Определены времена выхода индивидуальных пиков компонентов легковоспламеняющихся жидкостей, а также групповых пиков бензина и керосина. Дана оценка значений показателей точности измерений, рассчитаны расширенная неопределенность и пределы допускаемой относительной погрешности измерений.

**Научная новизна.** Разработана методика извлечения из объектов-носителей различной природы (ткань, грунт, древесина) остатков легковоспламеняющихся жидкостей и газохроматографического обнаружения их ключевых компонентов, а также обнаружения бензина и керосина в материалах, изымаемых с места пожара.

**Практическая значимость.** Главная отличительная особенность методики – сочетание низкого порога обнаружения, на уровне наноконцентраций (ниже  $10^{-9}$  г/см<sup>3</sup>), с экспрессностью (затраты времени на анализ одной пробы – около 5 мин) и простотой исполнения. Высокая чувствительность позволила исключить экстракцию и концентрирование проб. Область применения методики – пожарно-технические исследования фрагментов, изъятых с места пожара, для установления причин возникновения пожаров, связанных с поджогами.

**Ключевые слова:** *газовая хроматография; инициатор горения; легковоспламеняющаяся жидкость; метод обнаружения; пожарно-технические исследования; порог обнаружения.*

**Purpose.** Development of the methodology for detecting the residues of highly flammable liquids, i.e. means for committing arsons, in materials extracted from a place of fire.

**Methods.** Extraction of the residues of highly flammable liquids from fabric, soil, timber by the desorption method. Investigations of the gaseous samples by the methods of accumulative and gas-liquid chromatography. Mathematical processing of data and assessment of values of the measurement precision indices.

**Results.** The sorbents for operation and control packed columns have been developed as well as the complex methodology for extraction and detection of residues of acetone, vinegar naphtha, benzene and toluene, i.e. base components of highly flammable liquids, by the gas-liquid chromatography method, and also those ones of benzene and kerosene by the accumulative chromatography methods in the fragments of burnt materials. The retention times of individual peaks of the components of highly flammable liquids as well as the group peaks of benzene and kerosene have been determined. The assessment of values of the measurement precision indices has been given, the expanded uncertainty and the limits of maximum permissible error of measurements have been computed.

**Scientific novelty.** The methodology has been developed for extracting the residues of highly flammable liquids from the carrier objects of various nature (fabric, soil, timber) and detecting their key components by the gas chromatography as well as detecting benzene and kerosene in the materials extracted from a place of fire.

**Practical value.** The main differential characteristic of the methodology is a combination of low-threshold detection, at the level of nanoconcentrations (below  $10^{-9}$  g/cm<sup>3</sup>), with rapidity (time expenditures on a single probe analysis make approximately 5 min) and implementation simplicity. The high sensitivity has permitted to get rid of extraction and concentration of samples. The methodology application area is fire-technical investigations of fragments extracted from a place of fire for detection the causes of fires related to arsons.

**Keywords:** *gas chromatography; accelerant; highly flammable liquid; method of detection; fire-technical investigations; threshold of detection.*

**Вадим Борисович Капустин**, директор департамента гражданской обороны и защиты населения МЧС ДНР; e-mail: [mchs-dnr@mail.ru](mailto:mchs-dnr@mail.ru)

Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики  
283050, Донецк, ул. Щорса, 60. Тел. (+38 062) 340-62-88

**Анатолий Филиппович Долженков**, д-р техн. наук, нач. отд.; e-mail: [dolzhenkov\\_52@mail.ru](mailto:dolzhenkov_52@mail.ru);

**Татьяна Олеговна Мороз**, инж.; e-mail: [tatiana.moroz@rambler.ru](mailto:tatiana.moroz@rambler.ru)

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР

283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-43

#### **АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ДНР ПО ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЕ**

**Vadim Borisovich Kapustin**, director of Civil Defence and Population Protection Department;

e-mail: [mchs-dnr@mail.ru](mailto:mchs-dnr@mail.ru)

The Ministry for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters of the Donetsk People's Republic

283050, Donetsk, 60, ulitsa Shchorsa. Phone (+38 062) 340-62-88;

**Anatoly Filippovich Dolzhenkov**, Dr. Sci. (Tech.), head of department; e-mail: [dolzhenkov\\_52@mail.ru](mailto:dolzhenkov_52@mail.ru);

**Tatyana Olegovna Moroz**, engineer; e-mail: [tatiana.moroz@rambler.ru](mailto:tatiana.moroz@rambler.ru)

The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,

Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR

283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-43

#### **ANALYSIS OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC REGULATORY FRAMEWORK IN THE FIELD OF CIVIL DEFENCE**

**Цель.** Создание типового перечня документов по гражданской обороне, подлежащих разработке в органах исполнительной власти, местных администрациях городов и районов, организациях, учреждениях и предприятиях всех форм собственности.

**Методика.** Анализ и обобщение существующих нормативных правовых и методических документов Донецкой Народной Республики, других государств по гражданской обороне.

**Результаты.** Создан типовой перечень документов по гражданской обороне, подлежащих разработке в органах исполнительной власти, местных администрациях городов и районов, организациях, учреждениях и предприятиях всех форм собственности.

**Научная новизна.** Найдены подходы, позволяющие совершенствовать качество мероприятий по гражданской обороне, проводимых в министерствах и ведомствах, муниципалитетах, организациях, учреждениях и на предприятиях.

**Практическая значимость.** Внедрение мероприятий по гражданской обороне, проводимых в министерствах и ведомствах, муниципалитетах, организациях, учреждениях и на предприятиях, содействует улучшению общего состояния системы гражданской обороны в Донецкой Народной Республике.

**Ключевые слова:** *гражданская оборона; чрезвычайные ситуации; система управления гражданской обороной; группа территорий по гражданской обороне; организации, отнесенные в установленном порядке к категориям по гражданской обороне.*

**Purpose.** Creation of the standard list of civil defence documents subjected to the development by bodies of the executive power, local authorities of cities and districts, organizations, institutions and enterprises of all forms of ownership.

**Methodology.** Analysis and generalization of existing statutory and regulatory and guidance documents of the Donetsk People's Republic and other states in the field of civil defence.

**Results.** The standard list of the civil defence documents subjected to development by bodies of the executive power, local authorities of cities and districts, organizations, institutions and enterprises of all forms of ownership has been created.

**Scientific novelty.** The approaches have been found that allow improving the quality of civil defence measures conducted at the ministries and governmental agencies, city administrations, organizations, institutions and enterprises.

**Practical value.** The implementation of civil defence measures conducted at the ministries and governmental agencies, city administrations, organizations, institutions and enterprises furthers improvement of the general state of civil defence system of the Donetsk People's Republic.

**Keywords:** *civil defence; emergencies; civil defence management system; local civil defence group; organizations duly categorized by classes of civil defence.*

**Сергей Павлович Высоцкий**, д-р техн. наук, завкафедрой; e-mail: [sp.vysotsky@gmail.com](mailto:sp.vysotsky@gmail.com) Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

286123, Макеевка, ул. Державина, 2. Тел. (+38 071) 391-35-97;

**Александра Александровна Печенога**, магистрант; e-mail: [rogovenko.2608@gmail.com](mailto:rogovenko.2608@gmail.com)

Автомобильно-дорожный институт Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет»

284646, Горловка, ул. Кирова, 51. Тел. (+38 0624) 55-29-67

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОГО ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ

**Sergey Pavlovich Vysotskiy**, Dr. Sci. (Tech.), department chair; e-mail: [sp.vysotsky@gmail.com](mailto:sp.vysotsky@gmail.com)

The State Educational Institution of Higher Occupational Education

“The Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture”

286123, Makeyevka, 2, ulitsa Derzhavina. Phone (+38 071) 391-35-97;

**Aleksandra Aleksandrovna Pechenoga**, master's student; e-mail: [rogovenko.2608@gmail.com](mailto:rogovenko.2608@gmail.com)

The Automobile Engineering Institute of the State Educational Institution of Higher Occupational Education

“The Donetsk National Technical University”

284646, Gorlovka, 51, ulitsa Kirova. Phone (+38 0624) 55-29-67

### IMPROVEMENT OF REVERSE OSMOSIS FOR WATER DESALINATION

**Цель.** Анализ системы обратного осмоса для очистки промышленных стоков и шахтных вод.

**Методика.** Анализ работы систем обратного осмоса по публикациям в научно-технической литературе и расчет показателей работы указанных систем при использовании кристаллизаторов труднорастворимых солей.

**Результаты.** Применение кристаллизаторов при рециркуляции рассола позволяет исключить сброс засоленных стоков и обеспечивает продувание системы, в результате которого полученные твердые соли могут быть применены в разных отраслях промышленности.

**Научная новизна.** Обеспечение стабильной работы систем обратного осмоса при обессоливании вод повышенной минерализации, например шахтных вод и продувочных вод градирен, а также экономия водных ресурсов.

**Практическая значимость.** Система обратного осмоса позволяет повысить эколого-экономическое совершенство систем очистки промышленных стоков, а также очистки шахтной воды за счет встроенного устройства для осаждения солей.

**Ключевые слова:** *обратный осмос; пермиат; pH; давление; труднорастворимые соли.*

**Purpose.** Analysis of the reverse osmosis system for treatment of industrial effluents and mine waters.

**Methodology.** Analysis of the operation of reverse osmosis systems based on the publications in scientific and technical literature and calculation of performance indices of the mentioned systems using crystallizing evaporators of low-solubility salts.

**Results.** The application of the crystallizing evaporators for reject water makes it possible to eliminate the discharge of salinized effluents and ensures system purging as a result of that the produced solid salts may be used in various industry branches.

**Scientific novelty.** Support of the stable operation of the reverse osmosis systems during the desalination of high salinity waters, such as mine waters and purge waters of evaporative cooling towers, as well as saving of water resources.

**Practical value.** The reverse osmosis system enables to improve the ecological and economic efficiency of treatment systems of the industrial effluents, as well as mine water treatment due to the built-in device for salt precipitation.

**Keywords:** *reverse osmosis; permeate; pH level; pressure; low-solubility salts.*

**Игорь Николаевич Зинченко**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.; e-mail: [zinstar@mail.ru](mailto:zinstar@mail.ru);

**Олег Петрович Паиковский**, мл. науч. сотр.; e-mail: [kingston-4@mail.ru](mailto:kingston-4@mail.ru);

**Виктория Викторовна Волюнец**, инж.; e-mail: [volynetsvika@mail.ua](mailto:volynetsvika@mail.ua)

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР

283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-81

#### **УСТАНОВИВШИЙСЯ ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ НА ПОРОДНОМ ОТВАЛЕ**

**Igor Nikolayevich Zinchenko**, Cand. Sci. (Tech.), senior scientific associate; e-mail: [zinstar@mail.ru](mailto:zinstar@mail.ru);

**Oleg Petrovich Pashkovskiy**, junior scientific associate; e-mail: [kingston-4@mail.ru](mailto:kingston-4@mail.ru);

**Viktoria Viktorovna Volynets**, engineer; e-mail: [volynetsvika@mail.ua](mailto:volynetsvika@mail.ua)

The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,

Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR

283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-81

#### **STEADY-STATE COMBUSTION PROCESS AT A WASTE ROCK PILE**

**Цель.** Разработка математической модели процесса самовозгорания породной массы.

**Методы.** Теоретическое исследование и математическое моделирование процесса самовозгорания породной массы.

**Результаты.** Рассмотрен установившийся процесс горения, проведен анализ процессов самовозгорания породных отвалов по высоте плоского террикона.

**Научная новизна.** Математическая модель процесса самовозгорания породной массы позволила выполнить математическое моделирование процессов самовозгорания по высоте плоского террикона.

**Практическая значимость.** Обоснованы пожаробезопасные параметры формирования породных отвалов.

**Ключевые слова:** породный отвал; теплообмен; стационарное распределение температуры; теплопроводность; очаг горения; самовозгорание.

**Purpose.** Development of a mathematical model of spontaneous combustion of the rock mass.

**Methods.** Theoretical investigation and mathematical modeling of the spontaneous combustion process of the rock mass.

**Results.** The steady process of combustion has been considered, the analysis of the spontaneous combustion processes of the waste rock piles along the height of the flat spoil heap has been conducted.

**Scientific novelty.** The mathematical model of the spontaneous combustion process of the rock mass has allowed conducting the mathematical modeling of the spontaneous combustion processes along the height of the flat spoil heap.

**Practical value.** The fire-safe parameters of the waste rock piles formation have been substantiated.

**Keywords:** waste rock pile; heat exchange; steady-state distribution of the temperature; heat conductivity; heat source; spontaneous combustion.

**Александр Петрович Ковалёв**, д-р техн. наук, науч. сотр.; e-mail: [abrecap@mail.ru](mailto:abrecap@mail.ru)

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР

283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-46

**Виктория Викторовна Якимюшина**, канд. техн. наук, доцент; e-mail: [yvsm@list.ru](mailto:yvsm@list.ru)

**Ольга Андреевна Сапоненко**, магистрант; e-mail: [saponenko.olga.andreevna@gmail.com](mailto:saponenko.olga.andreevna@gmail.com)

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет»

283001, Донецк, ул. Артема, 58. Тел. (+38 062) 301-03-06

#### **НАДЕЖНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ**

**Aleksandr Petrovich Kovalyov**, Dr. Sci. (Tech.), scientific associate; e-mail: [abrecap@mail.ru](mailto:abrecap@mail.ru)

The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,

Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR

283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-46

**Viktoria Viktorovna Yakimishina**, Cand. Sci. (Tech.), associate professor; e-mail: [yvsm@list.ru](mailto:yvsm@list.ru);

**Olga Andreyevna Saponenko**, master's student; e-mail: [saponenko.olga.andreevna@gmail.com](mailto:saponenko.olga.andreevna@gmail.com)

The State Education Institution of Higher Occupational Education

"Donetsk National Technical University"

283001, Donetsk, 58, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 301-03-06

#### **RELIABILITY OF PROTECTIVE SWITCHING DEVICES**

**Цель.** Определить влияние интервала времени между диагностическими проверками автоматической системы отключения фидерного защитного коммутационного аппарата на обеспечение надежности узла нагрузки промышленного предприятия.

**Методы.** Моделирование надежности защитного коммутационного аппарата в динамическом режиме с использованием марковских случайных процессов с дискретным числом состояний и непрерывным временем.

**Результаты.** Для конкретного узла нагрузки промышленного предприятия установлено, что если контролировать работоспособность системы автоматического отключения фидерного защитного коммутационного аппарата два раза в год вместо одного, то количество аварийных отключений секции шин трансформаторной подстанции снизится в 3,1 раза.

**Научная новизна.** Получена аналитическая зависимость вероятности безотказной работы в течение времени действия защитного коммутационного аппарата, который может находиться в трех состояниях с учетом диагностики его автоматической системы отключения.

**Практическая значимость.** Полученные аналитические зависимости позволяют оценить и обосновать эффективность разработанных рекомендаций по изменению сроков диагностики автоматической системы отключения защитных коммутационных аппаратов, эксплуатирующихся в системах электроснабжения промышленных предприятий.

**Ключевые слова:** *надежность; защитный коммутационный аппарат; обрыв цепи; отказ в срабатывании; случайный процесс; релейная защита; диагностика.*

**Purpose.** To determine the influence of a time interval between the diagnostic tests of automatic shutdown system of the feeder protective switching device on ensuring the safety of load center of an industrial enterprise.

**Methods.** Modeling of reliability of the protective switching device in dynamic mode with application of the Markovian processes with digital number of states and continuous time.

**Results.** It has been established for the particular load center of the industrial enterprise that if the functional state of the automatic shutdown system of the feeder protective switching device is controlled twice a year instead of once then the number of emergency shutdowns of the transformer substation busbar section will reduce by 3.1.

**Scientific novelty.** The analytical dependence has obtained for probability of the non-failure operation during the operation time of the protective switching device that may exist in three states taking into account the diagnostics of its automatic shutdown system.

**Practical value.** The obtained analytical dependences make it possible to evaluate and to substantiate the efficiency of the developed guidelines on rescheduling the periods of diagnostics of the automatic shutdown system of the protective switching devices being operated in the power supply systems of the industrial enterprises.

**Keywords:** *reliability; protective switching device; electric discontinuity; failure to operate; random process; relay protection; diagnostics.*

*Анатолий Федорович Иваненко, нач. отд.; e-mail: [ianatoliy58@yandex.ru](mailto:ianatoliy58@yandex.ru);*

*Петр Евгеньевич Мухин, канд. техн. наук, науч. сотр.; e-mail: [petr63203@gmail.com](mailto:petr63203@gmail.com)*

*Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС ДНР*

*283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел.: +(38062) 332-78-44*

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Anatoly Fyodorovich Ivanenko, head of department; e-mail: [ianatoliy58@yandex.ru](mailto:ianatoliy58@yandex.ru);*

*Pyotr Yevgenyevich Mukhin, Cand. Sci. (Tech.), scientific associate; e-mail: [petr63203@gmail.com](mailto:petr63203@gmail.com)*

*The "Respirator" State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work,*

*Fire Safety and Civil Protection of the MChS DPR*

*283048, Donetsk, 157, ulitsa Artyoma. Phone: (+38 062) 332-78-44; 332-78-49*

## **COMPREHENSIVE APPROACH TO THE SAFE OPERATION OF HAZARDOUS INDUSTRIAL OBJECTS**

**Цель.** Обоснование и выбор эффективных подходов к оценке риска чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах для обеспечения их безопасной эксплуатации.

**Методика.** Информационно-аналитические исследования методов оценки риска.

**Результаты.** Исследованы и проанализированы методы оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах, определены проблемы их практического использования и предложены пути решения этих проблем.

**Научная новизна.** Обоснованы требования к обеспечению безопасного функционирования опасного производственного объекта на всех стадиях его жизненного цикла.

**Практическая значимость.** Предложенный подход к созданию централизованной базы данных, установлению показателей приемлемого риска, организации обучения специалистов по анализу и оценке риска позволяют повысить эффективность анализа опасностей и оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах для заблаговременного предупреждения угроз жизни и здоровью персонала, разрушения технических устройств, зданий и сооружений, а также нанесения вреда окружающей среде.

**Ключевые слова:** *методология оценки риска; чрезвычайная ситуация; опасный производственный объект; статистические данные; приемлемый риск.*

**Purpose.** Substantiation and choosing of the effective approaches to the risk assessment of occurrence of emergency situations at the hazardous industrial objects for ensuring the safe operation of their facilities.

**Methodology.** Information and analytical investigations of the risk assessment methods.

**Results.** The methods of risk assessment of the occurrence of emergency situations at the hazardous industrial objects have been investigated and analyzed, the problems of their application on practice have been identified and the solutions to these problems have been proposed.

**Scientific novelty.** The requirements to ensuring the safe operation of the hazardous industrial object at all the stages of its operational life have been substantiated.

**Practical value.** The proposed approach to creation of the centralized data base, determination of the acceptable risk indices, organization of training of risk analysis and risk assessment specialists enable to improve the effectiveness of the analysis of hazards and the risk assessment of emergency situations occurrence at the hazardous industrial objects in order to prevent threats to life and health of the personnel in advance, destructions of technical devices, buildings and constructions as well as the environmental damage.

**Keywords:** *risk assessment methodology; emergency situation; hazardous industrial object; risk assessment; risk analysis; statistical data; acceptable risk.*