

*Алексей Александрович Кострубицкий, министр; e-mail: [mchs-dnr@mail.ru](mailto:mchs-dnr@mail.ru)*

*Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий ДНР*

*283050, Донецк, ул. Щорса, 60. Тел. (+38 062) 340-62-28;*

*Дарья Федоровна Балта, науч. сотр.; e-mail: [balta\\_daria@mail.ru](mailto:balta_daria@mail.ru);*

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

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

*283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-40*

## **ПОВЫШЕНИЕ ОГNETУШАЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ АЭРОЗОЛЬНО-ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

*Aleksey Aleksandrovich Kostrubitskiy, Minister, e-mail: [mchs-dnr@mail.ru](mailto:mchs-dnr@mail.ru)*

*The Ministry of the Donetsk People's Republic for Civil Defense Affairs, Emergencies, and Liquidation of Consequences of Natural Disasters*

*283050, Donetsk, 60, ulitsa Shchorsa. Phone (+38 062) 340-62-28;*

*Darya Fyodorovna Balta, scientific associate; e-mail: [balta\\_daria@mail.ru](mailto:balta_daria@mail.ru);*

*Igor Felixovich Dikenshteyn, scientific associate; e-mail: [opbush@mail.ru](mailto:opbush@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) 332-78-40*

## **INCREASE IN THE FIRE-FIGHTING EFFICIENCY OF AEROSOL-DRY POWDER FIRE-EXTINGUISHING MEANS**

**Цель.** Обоснование параметров аэрозольно-порошковой установки пожаротушения для обеспечения синергетического эффекта при действии бинарной комбинации огнетушащих веществ.

**Методика.** Аналитические исследования огнетушащих веществ и их доминирующих механизмов подавления пламени; расчет параметров работы средств аэрозольно-порошкового пожаротушения.

**Результаты.** Рассмотрен аэрозольно-порошковый метод тушения пожаров, основанный на проявлении огнетушащими веществами сразу нескольких механизмов прекращения горения. Предпринята попытка полностью или частично отказаться в средствах порошкового пожаротушения от сжатого газа в качестве энергоносителя посредством его замены газами, образующимися при сгорании твердого аэрозольобразующего состава. Выполнен расчет параметров аэрозольно-порошковой установки пожаротушения в процессе истечения огнетушащего вещества. Получены расчетные формулы для определения давления в емкости установки, расхода и массы выбрасываемой смеси порошка и аэрозоля.

**Научная новизна.** Оптимизировано соотношение массы порошкового и твердого аэрозольобразующих огнетушащих составов в емкости установки, что обеспечивает появление синергетического эффекта при их действии.

**Практическая значимость.** Полученные результаты исследований позволяют повысить эффективность объемного аэрозольно-порошкового тушения пожаров путем совместного действия бинарной комбинации огнетушащих веществ.

**Ключевые слова:** тушение пламени; огнетушащее вещество; механизм прекращения горения; комбинированный способ пожаротушения; синергетический эффект; аэрозольно-порошковый состав; установка; параметры работы.

**Purpose.** Substantiation of parameters of the aerosol-dry powder fire-extinguishing installation to guarantee the synergetic effect by influence of the binary combination of fire-fighting substances.

**Methods.** Analytical investigations of the fire-fighting substances and their dominating flame suppression mechanisms; calculation of the operation parameters of the aerosol-dry powder fire-extinguishing means.

**Results.** The aerosol-dry powder method of extinguishing the fires based on manifestation of several burn termination mechanisms at the same time by the fire-fighting substances was considered. An attempt was made to refuse the compressed air as the energy carrier in the dry powder fire-extinguishing means fully or partially by the use of its substitution for gases generating by combustion of a solid aerosol-formative composition. The calculation of the parameters of the aerosol-dry powder fire-extinguishing installation in the process of outflow of the fire-fighting substance was fulfilled. The design formulae to determine pressure in the volume of the installation, consumption and mass of the mixture of dry powder and aerosol thrown off were obtained.

**Scientific novelty.** The ratio of the mass of the dry-powder and solid aerosol-formative compositions in the volume of the installation was optimized, what guarantees the appearance of the synergetic effect by their action.

**Practical value.** The investigation results obtained permit to increase the efficiency of the volume aerosol-dry powder extinguishing of the fires by means of the joint action of the binary combination of the fire-fighting substances.

**Key words:** flame extinguishing; fire-extinguishing substance; mechanism of burn termination; combined fire-extinguishing method; synergetic effect; aerosol-dry powder composition; installation; operation parameters.

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

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

*283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-39*

#### **ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ В ЛАВАХ**

*Andrey Yuryevich Kolyada, head of department, e-mail: [kolyada1980@mail.ru](mailto:kolyada1980@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) 332-78-39*

#### **LOCALIZATION OF UNDERGROUND FIRES IN LONGWALL FACES**

**Цель** – моделирование подземных экзогенных пожаров в лавах для расчета их параметров и параметров водяных завес, обустройстваемых на сопряжении лав с вентиляционными штреками.

**Методика** основана на использовании математической модели подземных экзогенных пожаров в проветриваемых горных выработках и математической модели охлаждения нагретого газозвдушного потока в водяной завесе.

**Результаты.** Предложена методика расчета параметров экзогенного пожара в лаве, в которую входят аналитические зависимости для расчета пожарной нагрузки в лаве и температуры газозвдушного потока. В пожарную нагрузку включены: минеральное масло в редукторе и других узлах добычного комбайна и прочих механизмах и оборудовании, входящих в состав механизированного комплекса в лаве, просыпавшийся уголь на почве лавы, электрические гибкие кабели, метан, выделяющийся из поверхности угольного пласта. Рассчитывают: тепловую мощность пожара, длину зон горения и тления, дальность распространения пожара по лаве, температуру в зоне горения и на выходе из лавы на вентиляционный штрек. На основе этих данных определяют количество центробежно-струйных распылителей (установок), которые необходимо разместить на сопряжении лавы с вентиляционным штреком.

**Научная новизна.** Результаты исследований закономерностей горения горючих материалов в лавах угольных шахт позволяют повысить эффективность локализации пожаров водяными завесами.

**Практическая значимость.** Полученные результаты могут быть использованы при выборе средств локализации подземных пожаров распыленной водой и оценке их эффективности.

**Ключевые слова:** лавы; вентиляционный штрек; сопряжение; локализация; горючая нагрузка; температура; поток; водяная завеса; установка.

**Purpose.** Modeling the underground open fires in the longwall faces to calculate their parameters and parameters of water screens being developed at couplings of the longwall faces with the air roadways.

**Methods.** The methods are based on the use of the mathematical model of the underground open fires in the ventilated mine workings and of the mathematical model of cooling the heated gas-air flow in a water screen.

**Results.** The methods of calculation of the parameters of the open fire in the longwall face which parts form the analytical dependences to calculate the fire load in the longwall face and the temperature of the gas-air flow are proposed. The fire load includes: mineral oil in a reduction gear and another units of a winning combine and other mechanisms and equipment entering into the composition of a mechanized complex in the longwall face, coal spilled on the floor of the longwall face, flexible electrical cables, methane emitting from the surface of the coal seam. One calculate: thermal capacity of the fire, length of the combustion and smoldering zones, propagation distance of the fire along the longwall face, temperature in the combustion zone and at the outlet from the longwall face to the air roadway.

On the basis of these data one determine a number of centrifugal sprayers (installations) that should be placed at the coupling of the longwall face with the air roadway.

**Scientific novelty.** The investigation results of conformities of burning the combustible materials in the longwall faces of the coal mines permit to increase efficiency of localization of the fires with the water screens.

**Practical value.** The results obtained may be used by choice of the means of localization of the underground fires with water sprayed and by evaluation of their efficiency.

**Key words:** longwall face; air roadway; coupling; localization; combustible load; temperature; flow; water screen; installation.

*Артем Алексеевич Диденко, науч. сотр.; e-mail: [didenartem89@gmail.com](mailto:didenartem89@gmail.com)*

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

*283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-40*

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ГОРНОМ МАССИВЕ ПРИ ПОДЗЕМНОМ ПОЖАРЕ**

*Artyom Alekseyevich Didenko, scientific associate; e-mail: [didenartem89@gmail.com](mailto:didenartem89@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) 332-78-40*

#### **SIMULATION OF THE HEAT EXCHANGE IN A MASSIF BY AN UNDERGROUND FIRE**

**Цель.** Исследование параметров нагревания горного массива при подземном пожаре в зависимости от его теплофизических свойств и расстояния от очага пожара.

**Методика.** Математическое моделирование процессов теплообмена. Сравнение результатов моделирования с известными экспериментальными данными.

**Результаты.** Разработана математическая модель в конечно-разностном виде, с помощью которой исследованы теплообменные процессы в образце горного массива песчаника. Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Прослеживается очевидная динамика процесса теплообмена.

В результате исследования подтверждено, что при прогревании горного массива с увеличением расстояния от очага пожара скорость нарастания температур снижается; после прекращения нагревания пород очагом пожара рост температуры в глубине массива прекращается не сразу.

**Научная новизна.** В отличие от существующих аналитических решений, представляющих собой эмпирические или полуматематические формулы, разработанная математическая модель позволяет исследовать динамику изменения температуры горного массива в любой момент времени, используя при этом параметры реально существующих горных выработок.

**Практическая значимость.** С помощью разработанной математической модели при различных начальных и граничных условиях можно исследовать теплообменные процессы в горном массиве при подземном пожаре. Параметры нагревания горного массива можно использовать при определении времени локализации и тушения пожара, изоляции горных выработок, а также для предупреждения появления вторичных очагов горения, возникающих при мощном и продолжительном нагревании горных пород и прекращении подачи огнетушащих веществ.

**Ключевые слова:** математическое моделирование; теплообмен; горный массив; подземный пожар; численные методы; метод конечных разностей.

**Purpose.** Investigation of parameters of heating the massif by the underground fire depending on its thermal properties and distance from a seat of fire.

**Methods.** Mathematical modeling the heat exchange processes. Comparison of the results of the modeling with the experimental data known.

**Results.** The mathematical model in the finite-difference form, with the help of which the heat exchange processes were investigated in a specimen of the sandstone massif, had been worked out. The calculation results conform satisfactorily to the experimental data. The obvious dynamics of the heat exchange process is traced.

It is confirmed as a result of the investigation that the temperature rise rate decreases by the warming-up of the massif with increase in the distance from the seat of fire; after termination of the warming-up of the rocks with the seat of fire the temperature increase in the depth of the massif ceases not immediately.

**Scientific novelty.** In contrast to existing analytical solutions representing the empirical or semiempirical formulae the mathematical model worked out allows investigating the dynamics of change of the massif temperature at any time using the parameters of the really existing mine workings in so doing.

**Practical value.** With the use of the mathematical model worked out one can investigate the heat exchange processes in the massif by the underground fire at various initial and boundary conditions. One can use the parameters of the massif warming-up by determination of the time of localization and fighting the fire, isolation of the mine workings as well as for prevention of appearance of the secondary seats of combustion arising by the powerful and prolonged warming-up the rocks and loss of supply of fire-extinguishing substances.

**Key words:** mathematical modeling; heat exchange; massif; underground fire; numerical methods; finite-difference method.

*Дмитрий Сергеевич Буряк, науч. сотр.; e-mail: 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*

## **ОБОСНОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАДШАХТНЫХ ЗДАНИЙ**

*Dmitry Sergeevich Buryak, scientific associate; e-mail: 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*

## **SUBSTANTIATION OF HYDRAULIC PARAMETERS OF THE FIRE WATER SUPPLY OF DECKHEAD BUILDINGS**

**Цель.** Определить закономерность, отражающую зависимость гидравлических параметров противопожарного водоснабжения от характеристик существующей трубопроводной арматуры, применяемого пожарного оборудования, а также от строительных параметров и функционального назначения защищаемых зданий и сооружений надшахтного комплекса.

**Методика.** Аналитические исследования гидравлических процессов, возникающих в противопожарном трубопроводе при пожаротушении.

**Результаты.** Получена зависимость для определения гидравлических параметров с учетом протяженности, диаметра, удельных гидравлических сопротивлений трубопровода (рукавной линии) и требований нормативно-технической документации.

**Научная новизна.** По результатам проведенных аналитических исследований уточнена зависимость, которая позволяет повысить точность определения гидравлических параметров противопожарного водоснабжения объектов поверхностного комплекса шахт.

**Практическая значимость.** Полученные результаты могут быть использованы для рационального выбора пожарного оборудования при соблюдении требований по обеспечению необходимого уровня пожарной безопасности защищаемых объектов.

**Ключевые слова:** *противопожарный трубопровод; пожарные насосы; пожарные рукава; гидравлические параметры;*

*поверхностный комплекс шахты; удельные гидравлические сопротивления; компактная струя.*

**Purpose.** To determine the conformity representing the dependence of hydraulic parameters of the fire water supply on characteristics of the existing pipe fitting, fire equipment being used as well as on construction parameters and function of buildings and structures of the pit head complex being protected.

**Methods.** Analytical investigations of the hydraulic processes arising in the fire pipeline by extinguishing the fire.

**Results.** The dependence for determination of the hydraulic parameters with due regard for length, diameter, specific hydraulic resistances of the pipeline (hose pipeline) and requirements of the normative-technical documentation was obtained.

**Scientific novelty.** The dependence that allows raising the accuracy of determination of the hydraulic parameters of the fire water supply of the surface complex objects of the mine was specified by results of the analytical investigations carried out.

**Practical value.** The results obtained may be used for the rational choice of the fire equipment by compliance with the requirements on guaranteeing the necessary fire safety level of the objects being protected.

**Key words:** *fire pipeline; fire pumps; fire hoses; hydraulic parameters; surface complex of the mine; specific hydraulic resistances; compact stream.*

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

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

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

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

**Иван Филиппович Марийчук**, канд. техн. наук, доц.; e-mail: [rpm2000avaneck@mail.ru](mailto:rpm2000avaneck@mail.ru)

Донецкий национальный технический университет

283001, Донецк, ул. Артема, 58. Тел. (+38 062) 301-03-09

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ВЗРЫВОУСТОЙЧИВУЮ ПЕРЕМЫЧКУ**

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

**Georgy Ivanovich Peftibay**, head of department; e-mail: [niigd.osmas-1@mail.ru](mailto:niigd.osmas-1@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) 332-78-36;

**Ivan Filippovich Mariychuk**, Cand. Sci. (Tech.), associate professor; e-mail: [rpm2000avaneck@mail.ru](mailto:rpm2000avaneck@mail.ru)

The Donetsk State Technical University

283001, Donetsk, 58, ulitsa Artyoma. Phone (+38 062) 301-03-09

## **MODELLING THE INFLUENCE OF THE ROCK PRESSURE ON AN EXPLOSION-STABLE STOPPING**

**Цель.** Определить влияние проемных металлических труб на напряженно-деформированное состояние взрывоустойчивой перемычки в горной выработке угольной шахты, их прочность и устойчивость.

**Методы.** Экспериментальный метод исследований с использованием моделирования методом эквивалентных материалов, который широко применяют для исследования вопросов, связанных с проявлением горного давления в горных выработках при разработке месторождений полезных ископаемых, а также при изучении вопросов, связанных с породами, перемещениями массивов, в том числе с учетом металлической крепи и анкерным креплением.

**Результаты.** Получены зависимости перемещений глубинных реперов и относительных деформаций в горных породах кровли, боков и почвы выработки от расстояния до ее контура в моделях перемычки с проемными трубами и без них. Установлено, что максимальная погрешность их перемещений и деформаций составляет 7,1 и 6,1 % соответственно. Максимальные тангенциальные напряжения проемных труб не превышают соответствующих допустимых значений, а значения перемещений являются малыми.

**Научная новизна.** Впервые методом физического моделирования, в частности методом эквивалентных материалов, установлено, что влиянием проемных труб на напряженно-деформированное состояние взрывоустойчивой перемычки можно пренебречь при расчете их прочности и устойчивости.

**Практическая значимость.** Приведенные результаты будут использованы для теоретических исследований напряженно-деформированного состояния взрывоустойчивой перемычки, возводимой из материалов на основе цементно-шлаковых смесей, которая находится под действием горного давления, воздушных ударных волн и температуры без учета влияния проемных металлических труб, что значительно упростит решение задачи.

**Ключевые слова:** взрывоустойчивая перемычка; модель; проемные трубы; перемещение; деформация; напряжения; прочность; устойчивость.

**Purpose.** To determine the influence of aperture metal pipes on the deflected mode of the explosion-stable stopping in a mine working of a coal mine, their strength and steadiness.

**Methods.** The experimental method of investigations with the use of the modeling by the method of equivalent materials that is widely applied to study the questions associated with demonstration of the rock pressure in the mine workings by development of minerals as well as by examination of the problems connected with rocks, movement of massifs including subject to steel timbering and anchorage.

**Results.** The dependences of the movement of deep benchmarks and relative strains in the mine rocks of the roof, walls and floor of the working on the distance up to its contour in the models of the stopping with the aperture pipes and without them were obtained. It is ascertained that the maximum error of their movements and deformations makes up 7.1 % and 6.1 % accordingly. The maximum tangential stresses of the aperture pipes don't exceed the corresponding allowed values, and the movement values are small.

**Scientific novelty.** It is ascertained by the method of the physical modeling, in particular by the method of equivalent materials, for the first time that one can neglect the influence of the aperture tubes on the deflected mode of the explosion-stable stopping when calculation of their strength and steadiness.

**Practical value.** The results adduced will be used for theoretical investigations of the deflected mode of the explosion-stable stopping being erected on the basis of cement-slag mixtures that is exposed to rock pressure, air shock waves and temperature with no account taken of the aperture metal pipes, what will considerably simplify the solution of the problem.

**Key words:** explosion-stable stopping; model; aperture tubes; movement; deformation; stresses; strength; stability.

*Петр Семенович Пашковский, д-р техн. наук, первый замдиректора по научной работе;*

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

*Георгий Иванович Пештибай, 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)*

*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*

## **ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗГОННОМ СОПЛЕ ПОЖАРОТУШАЩЕГО УСТРОЙСТВА**

*Pyotr Semyonovich Pashkovskiy, Dr. Sci. (Tech.), first deputy director on science;*

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

*Georgiy Ivanovich Peshtibay, 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);*

*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*

## **GASDYNAMIC PROCESSES IN AN OVERSPEED NOZZLE OF A FIRE-EXTINGUISHING DEVICE**

**Цель.** Получение математических зависимостей газодинамических параметров для обоснования конструкции разгонного сопла и камеры смешения устройства для тушения пожаров тонкораспыленной водой.

**Методы.** Аналитические исследования одномерного стационарного осесимметричного двухфазного течения в разгонном сопле. Использование законов неразрывности массового расхода газа и пожаротушащей жидкости, сохранения импульса и энергии при теплопередаче между фазами потока – газом и каплями, применение уравнения истечения газа и жидкости через дроссельные отверстия, уравнения состояния идеального газа.

**Результаты.** Построена математическая модель газодинамических процессов двухфазного потока в сопле пожаротушащего устройства, учитывающая конструктивные параметры всего пожаротушащего устройства: камеры смешения, разгонного сопла, режима истечения газа в камеру смешения.

**Научная новизна.** Получена система дифференциальных и алгебраических уравнений, связывающая конструктивные и режимные параметры камеры смешения и разгонного сопла с газодинамическими параметрами двухфазного потока пожаротушащего устройства. Установлено влияние режима истечения газа в камеру смешения и дроссельного отверстия на газодинамические характеристики в разгонном сопле. Показано влияние конструктивных параметров распылительной втулки (диаметра отверстия, количества отверстий, коэффициента расхода) на скорость истечения газа в распылительную камеру, температуры, скорости и плотности газового и капельного потока. Обоснованы граничные условия газодинамических уравнений.

**Практическая значимость.** Моделирование приведенных газодинамических зависимостей позволяет расчетным путем обосновать конструктивные параметры основных узлов пожаротушащего устройства (разгонного сопла и камеры смешения), что может быть использовано для оптимизации пожаротушащего устройства по

критериям эффективности (интенсивности подачи огнетушащего вещества, дальности, угла раскрытия струи воды). Газодинамические характеристики, полученные на срезе сопла с использованием предложенной системы уравнений, являются начальными условиями (начальные скорости и температуры капель и газа, плотность газа) для нахождения другого типа характеристик пожаротушащего устройства – внешнебаллистических, например дальности полета капель и их взаимодействия с конвективными потоками пламени, оценки способности проникновения в очаг пожара (путем сравнения импульсов капель и восходящих тепловых потоков горящего вещества).

**Ключевые слова:** *пожаротушащее устройство; двухфазный поток; газодинамические параметры; сопло; камера смешения.*

**Purpose.** Obtaining the mathematical dependences of gas-dynamic parameters to substantiate the construction of the overspeed nozzle and mixing chamber of the device for extinguishing the fires with the fine-air water sprayed.

**Methods.** Analytical investigations of the one-dimensional stationary axisymmetric two-phase current in the overspeed nozzle. Use of the laws of continuity of mass consumption of the gas and fire-extinguishing fluid, momentum and energy conservation by heat transfer between the flow phases, i.e. gas and drops, application of the equation of gas and fluid outflow through throttle openings, that one of the perfect gas equation.

**Results.** The mathematical model of the gas-dynamic processes of the two-phase flow in the nozzle of the fire-extinguishing device was built. It takes into account the design parameters of the whole fire-extinguishing device, i.e. mixing chamber, overspeed nozzle, conditions of the gas outflow into the mixing chamber.

**Scientific novelty.** The set of differential and algebraic equations connecting the design and conditions parameters of the mixing chamber and the overspeed nozzle with the gas-dynamic parameters of the two-phase flow of the fire-extinguishing device was obtained. The influence of the conditions of the gas outflow into the mixing chamber and of the throttle opening on the gas-dynamic characteristics in the overspeed nozzle was established. The influence of the design parameters of the spray-type bushing (diameter of the opening, number of openings, discharge coefficient) on the gas cleanup rate into the spray chamber, of temperature, rate and density of the gas and drop flow was shown. The boundary conditions of the gas-dynamic equations were substantiated.

**Practical value.** The modeling of the gas-dynamic dependences adduced allows substantiating the design parameters of the principal units of the fire-extinguishing device (i.e. overspeed nozzle and mixing chamber) by a calculation way, what may be used for optimization of the fire-extinguishing device according to criteria of efficiency (intensity of feed of a fire-extinguishing substance, range, opening angle of a water stream). The gas-dynamic characteristics obtained on the nozzle exit section with the use of the set of equations proposed are the initial conditions (initial speeds and temperatures of drops and gases, gas density) for finding of another type of characteristics of the fire-extinguishing device, i.e. of the outward ballistic characteristics, for example of flight range of the drops and their interaction with convective flame streams, of estimation of ability of penetration into a seat of fire (by means of comparison of drop pulses and ascending thermal currents of the burning substance).

**Key words:** *fire-extinguishing device; two-phase flow; gas-dynamic parameters; nozzle; mixing chamber.*

*Александр Петрович Ковалев, д-р техн. наук, проф.; e-mail: abrecap@mail.ru;*

*Ирина Игоревна Москвина, канд. техн. наук, доц.; e-mail: iriwka-gt@inbox.ru*

*Донецкий национальный технический университет*

*283001, Донецк, ул. Артема, 58. Тел. +38 071 378 19 99*

#### **ВЕРОЯТНОСТЬ ВЗРЫВОВ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ШАХТАХ**

*Aleksandr Petrovich Kovalyov, Dr. Sci. (Tech.), prof.; e-mail: abrecap@mail.ru;*

*Irina Igorevna Moskvina, Cand. Sci. (Tech.), associate professor; e-mail: iriwka-gt@inbox.ru*

*The Donetsk National Technical University*

*283001, Donetsk, 58, ulitsa Artyoma. Phone 071 378 19 99*

#### **PROBABILITY OF METHANE-AIR MIXTURE EXPLOSIONS BY OPERATION OF THE ELECTRICAL EQUIPMENT IN MINES**

**Цель.** Определить вероятность взрывов метановоздушной смеси в течение времени при эксплуатации электрооборудования угольных шахт.

**Методы.** Теоретические исследования процесса формирования взрывов метановоздушной смеси при эксплуатации электрооборудования на участке угольной шахты проводили с использованием марковских процессов с дискретным числом состояний и непрерывным временем.

**Результаты.** Для конкретного участка угольной шахты определена вероятность появления взрывов метановоздушной смеси при эксплуатации электрооборудования. Определены параметры (частота появления опасного газования участка угольной шахты; длительность нахождения взрывоопасной смеси в выработке; интенсивность появления опасного электрического источника и длительность его существования), воздействуя на которые при эксплуатации электрооборудования и средств газовой защиты в тупиковой выработке можно обеспечить нормируемый (ГОСТ 12.1.10.76) уровень взрывобезопасности.

**Научная новизна.** Впервые получены формулы, с помощью которых предоставляется возможность оценить вероятность взрывов в угольной шахте при эксплуатации электрооборудования.

**Практическая значимость.** Результаты исследований могут быть использованы для прогнозирования возможности взрывов метановоздушных смесей на участке угольной шахты при эксплуатации электрооборудования и разработки организационно-технических мероприятий по их предупреждению.

**Ключевые слова:** авария; взрывоопасность; газозовоздушная смесь; искра; угольная шахта.

**Purpose.** To determine the probability of methane-air mixture explosions in the course of time by operation of the electrical equipment of the coal mines.

**Methods.** The theoretical investigations of the process of formation of the methane-air mixture explosions by operation of the electrical equipment in a district of the coal mine were carried out with the use of the Markovian processes with the digital number of states and continuous time.

**Results.** The probability of appearance of the methane-air mixture explosions by operation of the electrical equipment was determined for the concrete district of the coal mine. The parameters (frequency of appearance of the hazardous gas pollution of the district of the coal mine; duration of presence of the explosive mixture in a mine working; intensity of appearance of the hazardous electrical source and duration of its existence) were determined. It is possible to guarantee the rated explosion safety level (State Standard 12.1.10.76) when their influencing by operation of the electrical equipment and gas protection means in a blind drift.

**Scientific novelty.** The formulae, with the help of which an opportunity is allowed to evaluate the probability of the explosions in the coal mine by operation of the electrical equipment, were obtained for the first time.

**Practical value.** The results of the investigations may be used to forecast the possibility of the methane-air mixture explosions in the district of the coal mine by operation of the electrical equipment and to work out the organizational and technical measures on their prevention.

**Key words:** accident; explosion hazard; gas-air mixture; spark; coal mine.

*Владлен Валерьевич Гуржий, ст. науч. сотр.; e-mail: [opbush@mail.ru](mailto:opbush@mail.ru);*

*Евгений Олегович Зинченко, мл. науч. сотр.; e-mail: [evgeniy.zintchenko@yandex.ru](mailto:evgeniy.zintchenko@yandex.ru)*

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

*283048, Донецк, ул. Артема, 157. Тел. (+38 062) 332-78-80*

#### **ПРИЗНАКИ БОЛЬШИХ ПЕРЕХОДНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ**

*Vladelen Valeryevich Gurzhiy, senior scientific associate; e-mail: [opbush@mail.ru](mailto:opbush@mail.ru);*

*Yevgeny Olegovich Zinchenko, research assistant; e-mail: [evgeniy.zintchenko@yandex.ru](mailto:evgeniy.zintchenko@yandex.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) 322-78-80*

#### **SIGNS OF LARGE TRANSIENT RESISTANCES IN CONTACT CONNECTIONS**

**Цель.** Установление аварийного режима работы по оплавлениям поверхностей контактных соединений, изъятых с места пожара.

**Методы.** Исследования контактных соединений со следами оплавлений.

**Результаты.** Определение причины оплавлений контактных соединений, изъятых с места пожара.

**Научная новизна.** Представлены характерные признаки аварийного режима работы – большое переходное сопротивление в контактных соединениях электроустановок при визуальном осмотре.

**Практическая значимость.** Результаты исследований позволяют определить причастность аварийных режимов работы электроустановок к возникновению пожара.

**Ключевые слова:** аварийные режимы работы; большое переходное сопротивление; контактное соединение; инструментальные исследования; пожар.

**Purpose.** Ascertainment of the emergency operation on washings of the surfaces of the contact connections withdrawn from the fire place.

**Methods.** Investigations of the contact connections with the traces of washings.

**Results.** Ascertainment of the cause of washings of the contact connections withdrawn from the fire place.

**Scientific novelty.** The characteristic signs of the emergency operation, i.e. the large transient resistance in the contact connections of the electrical installations by the visual examination, are presented.

**Practical value.** The results of the investigations permit to determine the belonging of the emergency operations of the electrical installations to origin of the fire.

**Keywords:** emergency operations; large transient resistance; contact connection; instrumental investigations; fire.

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

**Кристина Валериевна Глушенко**, мл. науч. сотр.; e-mail: [kristina.hlushenko@mail.ru](mailto:kristina.hlushenko@mail.ru);

**Виктория Викторовна Волюнец**, техник; 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

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЧАГОВОГО САМОНАГРЕВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ВЕЩЕСТВ**

**Svyatoslav Pavlovich Grekov**, Dr. Sci. (Tech.), head of department; e-mail: [obep.niigd@list.ru](mailto:obep.niigd@list.ru);

**Kristina Valeryevna Hlushenko**, research assistant; e-mail: [kristina.hlushenko@mail.ru](mailto:kristina.hlushenko@mail.ru);

**Viktoria Viktorovna Volynets**, technician; 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

## **MATHEMATICAL MODELS OF THE SEAT SPONTANEOUS HEATING OF DISPERSE SUBSTANCES**

**Цель.** Совершенствование методов математического описания температурных полей при очаговом самонагревании насыпи дисперсных органических веществ.

**Методика.** Анализ математических моделей очагового самонагревания дисперсных веществ органического происхождения и предложения по их совершенствованию и использованию.

**Результаты.** Выполнен анализ существующих математических моделей описания температурных полей при самонагревании органических веществ. Для практических расчётов предложено использовать полученную в НИИГД «Респиратор» аналитическую модель с учётом критериев генерации и отвода теплоты внутри дисперсной среды вещества.

**Научная новизна.** В качестве источника теплоты при очаговом самонагревании предложено использовать уравнение, описывающее реакцию окисления дисперсного вещества кислородом, которое также учитывает отвод теплоты за счёт теплоотдачи. Показано, что при образовании теплового напора внутри самонагревающегося дисперсного вещества неучёт конвективно-диффузионной теплопередачи может существенно повлиять на распределение температуры в скоплении.

**Практическая ценность.** Предложенный теоретический метод определения температурного поля дисперсного вещества с внутренним источником теплоты может быть использован для разработки способа раннего обнаружения пожароопасной ситуации при хранении растительного сырья.

**Ключевые слова:** дисперсное вещество; самонагревание; математическое моделирование; критерий Био; реакционная поверхность; теплообмен.

**Purpose.** Improvement of methods of mathematical description of the temperature fields by the seat spontaneous heating of an embankment of disperse organic substances.

**Methods.** Analysis of the mathematical models of the seat spontaneous heating of the disperse substances of organic origin and offers concerning their improvement and use.

**Results.** The analysis of the existing mathematical models of description of the temperature fields by the spontaneous heating of the organic substances was fulfilled. It was proposed to use the analytical model worked out in the NIIGD "Respirator" for practical calculations taking into account the generation and heat elimination criteria inside of the disperse medium of the substance.

**Scientific novelty.** It is proposed to use an equation describing the oxidation reaction of the disperse substance with oxygen as a heat source by the seat spontaneous heating; this equation takes into account the heat elimination at the expense of the heat emission, too. It is shown that not taking into account the convective-diffusive heat transfer may have an essential effect on the temperature distribution in the accumulation by formation of the heat pressure inside of the self-heating disperse substance.

**Practical value.** The theoretical method of determination of the temperature field of the disperse substance with the internal heat source proposed may be used to work out the method of early detection of the fire-hazardous situation when storage of the vegetable raw material.

**Key words:** disperse substance; spontaneous heating; mathematical modeling; Bio criterion; reactionary surface; heat exchange.

**Сергей Павлович Высоцкий**, д-р техн. наук, завкафедрой; e-mail: [sp.vysotsky@gmail.com](mailto:sp.vysotsky@gmail.com);

**Сергей Александрович Князев**, магистр; e-mail: [droi.2013@yandex.ua](mailto:droi.2013@yandex.ua)

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

286123, Макеевка, ул. Державина, 2. Тел. (+38 0623) 22-74-71

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ ТВЕРДОГО**

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

**Sergey Aleksandrovich Knyazev**, master; e-mail: [droi.2013@yandex.ua](mailto:droi.2013@yandex.ua)

The State Educational Institution of Higher Occupational Education "The Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture"



286123, Makeyevka, 2, ulitsa Derzhavina. Phone (+38 0623) 22-74-71

## **INCREASE OF EFFECTIVENESS OF CLEANING THE GAS BURSTS BY COMBUSTION OF THE SOLID FUEL**

**Цель.** Обоснование факторов, влияющих на экологические параметры процесса генерации электрической энергии на тепловых электростанциях, и оценка возможности выбора альтернативных методов снижения эмиссии диоксида серы.

**Методика.** Аналитические исследования процессов предотвращения эмиссии загрязнителей за счет очистки дымовых газов от продуктов сгорания топлива.

**Результаты.** Рассмотрено влияние основных факторов на эффективность процесса очистки газов с использованием мокрой известняковой технологии. Обосновано использование альтернативной технологии предотвращения эмиссии диоксида серы за счет магнитной сепарации серосодержащих примесей.

**Научная новизна.** Получены новые аналитические зависимости влияния плотности орошения, pH поглотительной суспензии и концентрации присадок на степень улавливания диоксида серы.

**Практическая значимость.** В условиях отсутствия или дефицита инвестиций в природоохранную деятельность обоснование выбора и совершенствования технологий предотвращения эмиссии диоксида серы имеет важное значение.

**Ключевые слова:** эмиссия диоксида серы; очистка газов; плотность орошения; поглотительная суспензия, магнитная сепарация; pH; улавливание пыли.

**Purpose.** Substantiation of factors influencing on ecological parameters of the process of generation of the electric energy at thermal stations, and appraisal of possibility of the choice of the alternative methods of lowering the sulfur dioxide emission.

**Methods.** Analytical investigations of the processes of prevention of pollutants emission at the expense of cleaning the smoke fumes from fuel combustion products.

**Results.** The influence of the principal factors on the effectiveness of the process of cleaning the gases with the use of the wet limestone technology was considered. The use of the alternative technology of prevention of the sulfur dioxide emission at the expense of the magnetic separation of sulfur-containing impurities was substantiated.

**Scientific novelty.** The new analytic dependences of influence of water concentration, pH-number of the absorption suspension and concentration of additives on the catching degree of sulfur dioxide were obtained.

**Practical value.** The substantiation of choice and improvement of the technologies of prevention of the sulfur dioxide emission is of great importance under conditions of lack or deficit of capital expenditures into the environmental activity.

**Key words:** sulfur dioxide emission; cleaning the gases; water concentration; absorption suspension; magnetic separation; pH-number; dust suppression.

*Анатолий Филиппович Долженков, д-р техн. наук, нач. отд.; e-mail: dolzhenkov\_52@mail.ru*

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

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

*Сергей Леонидович Тарасенко, завотделом; e-mail: tarasenko74@mail.ru*

*Государственное учреждение «Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности»*

*286132, Макеевка, ул. Лихачева, 60. Тел. (+38 0623) 22-22-18*

## **ЗОНАЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ШАХТЕРОВ СПЕЦОДЕЖДОЙ**

*Anatoly Filippovich Dolzhenkov, Dr. Sci. (Tech.), head of department; e-mail: dolzhenkov\_52@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) 332-78-43;*

*Sergey Leonidovich Tarasenko, head of department; e-mail: tarasenko74@mail.ru*

*The State Institution "Makeyevka Research Institute for Mining Safety"*

*286132, Makeyevka, 60, ulitsa Likhachyova. Phone: (+38 0623) 22-22-18*

## **THE ZONAL PRINCIPLE OF THE APPROACH TO ESTIMATION OF EFFICIENCY OF PROTECTION OF MINE WORKERS WITH WORKING CLOTHES**

**Цель.** Исследование механизма преобразования параметров опасных и вредных производственных факторов в требования к защитным свойствам спецодежды в условиях интенсивных зональных механических нагрузок на основе принципа зональной защиты.

**Методика.** При решении поставленных задач использованы современные методы научных исследований: анализ, обобщение и систематизация степени защиты горнорабочих спецодеждой на основе таксономии анатомо-топографических зон их тела; исследования защитных и эксплуатационных характеристик спецодежды шахтеров с использованием современных технических средств измерений; моделирование зависимостей между показателями, характеризующими свойства спецодежды, и условиями труда с применением статистического анализа.

**Результаты.** Обоснованы требования к необходимому набору защитных свойств, предъявляемых к тканям для спецодежды шахтеров, которые снижают действие механического фактора с учетом характера и топографии его воздействия на анатомо-функциональные особенности организма, что позволяет провести сравнительную комплексную оценку спецодежды из нескольких тканей и оценить надежность защиты каждой из них определенной зоны, рассматривая защиту всего тела шахтера как сумму защиты различных зон.

**Научная новизна.** Дана дифференциальная оценка каждому свойству ткани, позволяющая укрупнять полученные экспериментальным путем показатели; разработана иерархия защитных свойств спецодежды шахтеров в зависимости от характера воздействия опасных и вредных производственных факторов.

**Практическая значимость.** Полученные результаты позволят увеличить сроки эксплуатации спецодежды за счет реализации зонной защиты тела человека от комплекса воздействующих факторов, сводящейся к подбору материалов и конструкций с набором необходимых физико-механических параметров.

**Ключевые слова:** *номенклатура факторов шахтной среды; показатели защитных свойств материалов и конструкций; ткань; таксономия; степень износа; зонная защита.*

**Purpose.** Investigation of the mechanism of transformation of parameters of the hazardous and harmful production factors into requirements to protective properties of the working clothes under conditions of the intensive zonal mechanical loads on the basis of the principle of the zonal protection.

**Methods.** The modern methods of the scientific investigations, i.e. analysis, generalization and systematization of the protection degree of the mine workers with the working clothes on the basis of taxonomy of the anatomico-topographic zones of their bodies; investigations of protective and operational characteristics of the working clothes of the miners with the use of the modern technical instrumentation; modeling of dependences between the indices characterizing the properties of the working clothes and the work environment with the use of the statistical analysis were utilized by solving the assigned tasks.

**Results.** The requirements to the necessary set of protective attributes laying claims to fabrics for the working clothes of the mine workers that reduce the action of the mechanical factor subject to character and topography of its influence on the anatomico-functional characteristics of the organism, were substantiated, what allows carrying-out the comparative complex assessment of the working clothes from several fabrics and rating the protection reliability of the identified zone by each of them considering the protection of the whole body of the miner as a sum of protection of various zones.

**Scientific novelty.** The differential estimate of each property of the fabric permitting to consolidate the performances obtained by the experimental approach is given; the hierarchy of the protective properties of the working clothes of the mine workers depending on the character of influence of the hazardous and harmful production factors is worked out.

**Practical value.** The results obtained allow increasing the service life of the working clothes by virtue of realization of the zone protection of the man's body against the complex of influencing factors that comes to selection of materials and constructions with the set of the necessary physical and mechanical parameters.

**Key words:** *nomenclature of mine environment factors; indices of protective properties of materials and constructions; fabric; taxonomy; coefficient of wear; zone protection.*

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

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

*283048, Донецк, ул. Артема 157. Тел. (+38 062)332-78-82*

#### **ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОРОДНОГО ОТВАЛА ПОД НАПОРОМ ВЕТРА И ТЕПЛОВОЙ ДЕПРЕССИИ**

**Oleg Petrovich Pashkovskiy**, research assistant; e-mail: [kingston-4@mail.ru](mailto:kingston-4@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) 332-78-82*

#### **PERMEABILITY OF A WASTE DUMP UNDER THE FORCE OF THE WIND AND THERMAL DROP OF VENTILATION PRESSURE**

**Цель.** Прогноз объема утечек воздуха через скопления породы и угля в отвалах на основе изучения их проницаемости.

**Методика.** Математическое моделирование процессов фильтрации воздуха при различных режимах его движения.

**Результаты.** Предложена математическая модель фильтрации воздуха при ламинарном, турбулентном и промежуточном режимах движения.

**Научная новизна.** Получены аналитические зависимости скорости фильтрации воздуха при различных режимах его движения под воздействием тепловой депрессии.

**Практическая значимость.** По скорости фильтрации воздуха можно судить о влиянии проницаемости на процессы развития очага пожара в породном отвале.

**Ключевые слова:** *породный отвал; уголь; проницаемость; пористость; фильтрация воздуха; температура; скорость; очаг пожара.*

**Purpose.** Forecast of the volume of air losses through the rock and coal accumulations in the dumps on the basis of study of their permeability.

**Methods.** Mathematical modeling the filtration processes of air by various conditions of its movement.

**Results.** The mathematical model of air filtration was proposed by laminar, turbulent and intermediate movement conditions.

**Scientific novelty.** The analytical dependences of the air filtration velocity were obtained by various conditions of its movement under the influence of the thermal drop of ventilation pressure.

**Practical value.** One can judge about the influence of permeability on the processes of development of a seat of fire in the waste dump by the air filtration velocity.

**Key words:** *waste dump; coal; permeability; porosity; air filtration; temperature; velocity; seat of fire.*