

# **ВЕСТНИК**

**Научного центра по безопасности работ  
в угольной промышленности**

**Научно-технический журнал**



**Кемерово**

**1-2020**

**ВЕСТНИК**  
**Научного центра**  
**по безопасности работ**  
**в угольной промышленности**  
**ISSN 2072-6554**

**№ 1-2020**

**Выходит 4 раза в год**

Подписной индекс  
в Каталоге Агентства  
«Роспечать» 2018 г. – 35939

**ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН**

Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-71529 от 13.11.2017 г.

**ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН**

в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук», сформированный ВАК при Минобрнауки России

**Учредитель и издатель**

**научно-технического журнала «Вестник...»:**  
**Общество с ограниченной**  
**ответственностью «ВостЭКО»**  
**(ООО «ВостЭКО»)**

Адрес учредителя и издателя:

650002, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово,  
Сосновый бульвар, дом 1, кабинет 415

Адрес редакции:

650002, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово,  
Сосновый бульвар, дом 1

Редакторы: *М. В. Ярош, Л. С. Кузавкова,*  
*Д. А. Трубицына*

Компьютерная верстка *Д. А. Трубицына*

тел. 77-86-62, 64-26-51.

e-mail: yarosh\_mv@mail.ru

dtrubitsyna@gmail.com

[www.ind-saf.ru](http://www.ind-saf.ru)

Позиция редакции не всегда совпадает  
с точкой зрения авторов публикуемых материалов

Автор обложки - Zoe Zippas с ресурса Unsplash  
В номере использованы материалы сайтов  
[www.lori.ru](http://www.lori.ru), [www.freemages.com](http://www.freemages.com), [www.unsplash.com](http://www.unsplash.com) и  
[www.graphicriver.net](http://www.graphicriver.net)

**16+**

© **ООО «ВостЭКО», 2020**

Адрес типографии:

650065, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, пр-т  
Октябрьский, 28 офис 215  
тел. 8 (3842) 657889. ООО «ИНТ».

**Главный редактор: Н. В. Трубицына**

**Редакционная коллегия:**

**Н. В. Трубицына** – главный редактор, заместитель  
директора по научной работе ООО «ВостЭКО»,  
д-р техн. наук

**А. С. Ярош** – заместитель главного редактора,  
генеральный директор ООО "НИИ Горного Дела",  
канд. техн. наук

**Д. В. Исламов** - депутат ГД ФС РФ, кандт. техн.  
наук

**А. А. Трубицын** – консультант по научной работе  
ООО «Горный-ЦОТ», НАО «НЦ ПБ», д-р техн. наук,  
проф.

**А. А. Васильев** – заведующий лабораторией  
ФГБУН «Институт гидродинамики им. М.А.  
Лаврентьева СО РАН», д-р физ.-мат. наук, проф.

**А. М. Брюханов** – директор МакНИИ, д-р техн. наук

**В. И. Клишин** – директор Института угля  
Федерального исследовательского центра угля и  
углехимии СО РАН, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук,  
проф.

**З. Р. Исмагилов** - директор Института углехимии  
и химического материаловедения Федерального  
исследовательского центра угля и углехимии СО  
РАН, Академик РАН, д-р хим. наук, проф.

**А. В. Шадрин** – ведущий научный сотрудник  
Института угля ФИЦ УУХ СО РАН, д-р техн. наук

**В. Г. Казанцев** – заведующий кафедрой «БТИ»  
(филиал) ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И.  
Ползунова», д-р техн. наук

**В. С. Зыков** – заместитель генерального директора  
АО «НЦ ВостНИИ», д-р техн. наук, проф.

**Д. А. Трубицына** – выпускающий редактор ООО  
«ВостЭКО»

**М. В. Ярош** – редактор ООО «ВостЭКО»

# INDUSTRIAL SAFETY

---

Scientific-technical magazine

Kemerovo

1 - 2020

# INDUSTRIAL SAFETY

## ISSN 2072-6554

---

**№ 1- 2020**

**Is issued 4 times a  
year**

Subscription index  
in «Rospechat» Agency  
Catalogue: Year 2018 – 35939

---

### **MAGAZINE IS REGISTERED**

by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technologies and Mass Communications. Registration certificate of mass information means PI № FS77-71529 dated by 13.11.2017 г.

### **THE MAGAZINE IS INCLUDED**

into «The list of russian reviewed scientific magazines in which main scientific results of dissertations for scientific degrees of a doctor and a candidate of sciences must be published». The list is formed by Higher Attestation Commission of RF Ministry of Education and Science.

**Promoter and publisher of «Industrial Safety»  
scientific-technical magazine:  
Co Ltd «VostEKO»**

Address of the promoter and publisher:  
650002, Russia, Kemerovskaja oblast, Kemerovo, Sosnovyi bd., 1, office 415

Address of the editors:  
650002, Russia, Kemerovskaja oblast, Kemerovo, Sosnovyi bd., 1

Editors: *M.V. Yarosh, L.S. Kuzavkova, D.A. Trubitsyna*  
Computer layout *D.A. Trubitsyna*

Tel. 77-86-62, 64-26-51.  
e-mail: yarosh\_mv@mail.ru  
dtrubitsyna@gmail.com

www.ind-saf.ru  
www.indsafe.ru

---

**The edition position not always coincides with the point  
of view of authors of published materials**

---

---

**In the issue of the magazine materials of sites  
www.lori.ru, www.freemages.com, www.unsplash.com  
and www.graphicriver.net are used  
Photo by Zoe zuppas on Unsplash**

---

**16+**

---

**© Co Ltd «VostEKO», 2020**

---

Address of the printing  
650065, Russia, Kemerovskaja oblast, Kemerovo, prosp.  
Oktyabrsky, 28 of. 215  
tel. 8 (3842) 657889.  
OOO «INT».

**Chief editor: N. V. Trubitsyna**

### **Editorial board:**

**N. V. Trubitsyna** – chief editor, deputy director for scientific work of OOO «VostEKO», doctor of technical sciences

**A. S. Yarosh** – deputy chief editor, general director of LLC "Research Institute of Mining", candidate of technical sciences

**D. V. Islamov** - deputy of the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation, candidate of technical sciences

**A. A. Trubitsyn** - scientific work consultant, OOO "Gorny COT", NAO "NC PB", doctor of technical sciences, professor

**A. A. Vasil'ev** - Head of the Laboratory FGBUN "M.A. Lavrentyev Institute of Hydrodynamics SB of RAS, doctor of physical and mathematical sciences, professor

**A. M. Brjuhanov** - Director of MakNII, doctor of technical sciences

**V. I. Klishin** - director of the Institute of coal, Federal research center of coal and coal chemistry SB RAS, corresponding member of RAS, doctor of technical sciences, professor

**Z. R. Ismagilov** - director of the Institute of coal chemistry and materials chemistry, Federal research center of coal and coal chemistry SB RAS, Academician of RAS, doctor of chemical sciences, professor

**A. V. Shadrin** – Leading researcher of the Institute of Coal FIC UUH SB RAS, doctor of technical sciences

**V. G. Kazantsev** – chairman of «BTI» (branch) FGBOU VPO «AltGTU after I.I.Polzunov», doctor of technical sciences

**V. S. Zykov** – deputy general director JSC «ScC VostNII», doctor of technical sciences, professor

**D. A. Trubitsyna** – OOO «VostEKO» Commissioning Editor

**M. V. Yarosh** – OOO «VostEKO» editor

**Дорогие читатели, коллеги и друзья!**

Увеличение добычи и экспорта угля, а также снижение аварийности на предприятиях отрасли — цель программы развития угольной промышленности России до 2035 года. Об этом в конце февраля на заседании правительства напомнил премьер-министр Михаил Мишустин. Наряду с этим он отметил тогда, что аварийность пока ещё остаётся на высоком уровне. Поэтому, подчеркнул он, важно "чтобы профессия шахтёра всё меньше была связана с рисками для жизни и здоровья людей".

Решению этих непростых, но важных задач подчинена деятельность профильных научных, государственных и коммерческих структур Кузбасса. Они занимаются разработкой и внедрением инновационных технологий, производством современного оборудования для предупреждения о возможных техногенных катастрофах и природных катаклизмах. Производители не обходят также вниманием разработку и производство индивидуальных средств защиты для горняков. Однако поле деятельности для профессионального сообщества остаётся широким. Не случайно для снижения производственных рисков в стране начинается создание эффективных центров добычи угля. И среди них назван лидер угледобычи в России Кузбасс. Правительством ясно заявлено, что расходы на программу развития отрасли составят около 6 трлн рублей. Солидные инвестиции предусмотрены на промбезопасность и охрану труда.

Кстати, в прошлом году из без малого 12,5 миллиарда рублей инвестиций в отрасль почти половина средств была направлена, по данным Минэнерго РФ, на решение проблем промышленной безопасности и охраны труда, в том числе на оснащение шахт и разрезов системами контроля состояния и прогноза явлений, которые приводят к авариям и человеческим жертвам. Напомню, что в Кузбассе в 2019 году инвестиции в промбезопасность составили 4,6 миллиарда рублей. Столько же, несмотря на сложную ситуацию в экономике, регион планирует вложить и в 2020 году.

Для предприятий Кузнецкого бассейна факторы, мотивирующие их действовать и достойно отвечать на вызовы времени, налицо. А представление о целостной картине достижений учёных, инженеров, конструкторов, научных и производственных коллективов и компаний даёт, как всегда, наш журнал "Вестник". Первый номер этого года у вас в руках. Напомню, что всего в этом году будет издано, как всегда, четыре номера.

На этот раз целый ряд статей посвящен вопросам методологии и технологии промышленной безопасности и охраны труда в угольной отрасли. Замечу, что из предложенных на этот момент авторами материалов по этим и другим важным проблемам, над которыми все мы работаем, редакционная коллегия смогла разместить под обложками номера только половину. Это, на наш взгляд, свидетельствует о популярности издания в профильной аудитории авторов и читателей. Значит, нам есть о чём вести друг с другом диалог, коль скоро редакционный портфель не испытывает недостатка в актуальных публикациях.

Однако для потенциальных друзей и партнёров "Вестника" в очередной раз подчеркну: если ваша деятельность связана с промышленной и экологической безопасностью, редакция рада будет видеть вас в числе активных авторов и читателей. Если вам постоянно нужна актуальная информация, вам необходимо отслеживать достижения, тенденции, актуальные проекты по промбезопасности, вы заинтересованы в компаниях, которые могли бы стать партнёрами и помощниками в реализации ваших замыслов, то подписывайтесь на "Вестник". Вы можете оформить подписку не только на печатный вариант журнала, но и на электронную версию.

Пусть 2020-й год будет успешным для старых и новых авторов, верных и многолетних подписчиков, а также для тех, кто впервые заинтересовался нашим журналом. "Вестник" несёт вести, которые вам помогают эффективно работать и по-новому решать задачи безаварийного и безопасного производства на земле и под землёй.

НЭЛЯ ТРУБИЦЫНА,  
главный редактор, д.т.н.



■ С.Б. Романченко //  
S. B. Romanchenko  
romanchenkosp@mail.ru

д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Россия, 143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12  
doctor of technical sciences, assistant professor, leading researcher of FGBU VNIPO MChS of Russia, microdistrict 12, VNIPO, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russia



■ А. А. Трубицын //  
A.A. Trubitsyn  
atrubitsyn@rambler.ru

д-р техн. наук, профессор, консультант по научной работе НАО "НЦ ПБ", "Горный ЦОТ", Россия, 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1  
doctor of technical sciences, professor, Scientific Advisor, NAO "Scientific Center of Industrial Safety", 1, Sosnoviy bulvar, Kemerovo, 6500002, Russia



■ С.С. Кубрин// S.S. Kubrin

д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией «Геотехнологических рисков при освоении при освоении газоносных угольных и рудных месторождений, ИПКОН РАН, 111020, г. Москва, Крюковский туп., д.4  
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. laboratory "Geotechnological risks in the development of gas-bearing coal and ore deposits, IPKON RAS, 111020, Moscow, Kryukovsky stup., 4

УДК 622.81

## ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ УГОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ В ПРОЦЕССАХ ВИТАНИЯ И СЕДИМЕНТАЦИИ

## PROBLEMS OF DETERMINING THE ACTUAL DENSITY OF COAL PARTICLES IN THE PROCESSES OF SOARING AND SEDIMENTATION

*В статье рассмотрены результаты микроскопического анализа (сканирующая микроскопия со средним  $\times 1000$  и высоким  $\times 50000$  разрешением) формы и внутренней структуры угольных частиц всех стадий метаморфизма углей от бурого до антрацита. Выявлены эффекты существенного влияния дисперсного состава угольной пыли на ее насыпную и истинную плотность, определяющие процессы витания и осаждения угольных частиц. Выявлена неоднородная и пористая структура частиц всех фракций пыли. Определено, что кроме пор и трещин угольные частицы содержат поверхностные окислительные пленки толщиной 120-150 нм, физически отделяемые от частицы. При уменьшении диаметров частиц доля поверхностных пленок в объеме частиц возрастает и для 1 мкм частицы может достигать 39% от объема. Проведено научное обоснование различных значений плотности частиц при уменьшении их характерных размеров. Экспериментально установлено, что плотность угольных частиц (независимо от стадии метаморфизма угля) существенно убывает по нормально-логарифмической зависимости от модального диаметра пыли.*

*The article considers the results of microscopic analysis (scanning microscopy with average  $\times 1000$  and high  $\times 50000$  resolution) of the shape and internal structure of coal particles at all stages of coal metamorphism from brown to anthracite. The effects of a significant influence of the dispersed composition of coal dust on its bulk and true density, which determine the processes of hovering and deposition of coal particles, are revealed. Inhomogeneous and porous structure of particles of all dust fractions was revealed. It was determined that in addition to pores and cracks, carbon particles contain surface oxidation films with a thickness of 120-150 nm that are physically separable from the particle. When the particle diameters decrease, the proportion of surface films in the particle volume increases and for 1  $\mu\text{m}$  of a particle can reach 39% of the volume. Scientific substantiation of various values of particle density with a decrease in their characteristic sizes is carried out. It is experimentally established that the density of coal particles (regardless of the stage of coal metamorphism) significantly decreases according to the normal-logarithmic dependence on the modal diameter of the dust.*

**Ключевые слова:** УГОЛЬНЫЙ АЭРОЗОЛЬ, ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ, ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ ДИАМЕТР, МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, СКАНИРУЮЩАЯ МИКРОСКОПИЯ, СТРУКТУРА ЧАСТИЦ,

## ПЛОТНОСТЬ ПЫЛИ, НАСЫПНАЯ ПЛОТНОСТЬ, ИСТИННАЯ ПЛОТНОСТЬ, ВЫХОД ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ, СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ

**Key words:** COAL AEROSOL, DISPERSION COMPOSITION, EQUIVALENT DIAMETER, MICROSCOPIC STUDIES, SCANNING MICROSCOPY, PARTICLE STRUCTURE, DUST DENSITY, BULK DENSITY, TRUE DENSITY, VOLATILES YIELD, COAL METAMORPHISM STAGES

### ВВЕДЕНИЕ

Во все уравнения перемещения витающих частиц, их седиментации (осаждения), а также воспламенения входит физический параметр – плотность  $\rho$ , выражаемая на практике в  $\text{кг/м}^3$  или применительно для пылевых частиц в  $\text{г/см}^3$  ( $\text{мг/мм}^3$ ).

Подход, использующий аппроксимацию увеличения прочностных свойств мелких фракций материалов с кристаллической структурой (граниты, алмазы и др.) или металлов, на прочностные свойства мелких пылевых фракций угля, и в качестве плотности витающих пылевых частиц принимающий плотность угля [1,2] исследованиями на микроуровне не подтвержден<sup>1</sup>.

При наличии данных по объему и массе конкретного физического объекта (включая угольную частицу) ее фактическая плотность  $\rho_v$  вычисляется из соотношения:

$$\rho_v = m_v / v_v, \quad (1)$$

где  $m_v$  – фактическая масса частицы;  $v_v$  – объем частицы, на который воздействуют аэродинамические и гравитационные силы.

При кажущейся простоте определения плотности для микроскопических объектов получение обоих параметров ( $m_v$ ,  $v_v$ ) затруднительно: например для макрообъектов сложного строения и формы применим метод гидростатического определения объема, когда объем тела может быть определен как объем вытесненной им воды. Для пылевых частиц, как угольных, так и породных, определение объема указанным способом принципиально невозможно. Также неприменим процесс непосредственного взвешивания частиц ввиду крайне малой их массы: отнесенные к витающим одиночные частицы (размерами 1-74 мкм) имеют массу в диапазоне от  $10^{-9}$  до  $10^{-3}$  мг, что на несколько порядков ниже пределов взвешивания аналитических весов.

Поскольку непосредственное определение плотности витающих частиц невозможно, то (как и для всех сыпучих материалов) применяется метод определения насыпной плотности  $\rho_n$  в различных вариациях: «свободная насыпная

плотность», «насыпная плотность с уплотнением» и т.д. Теоретически, исходя из измеренной на весах насыпной плотности, методом умножения на поправочный коэффициент пористости  $k_n$  может определяться истинная плотность частицы  $\rho_{ч.и}$ :

$$\rho_{ч.и} = k_n \cdot \rho_n \quad (2)$$

Однако, как показали многочисленные исследования для угольной пыли насыпная плотность (с уплотнением методом «утруски») резко уменьшается практически в 3 раза при переходе от частиц с размерами 350 мкм до 20 мкм (рисунок 1), а по отношению к плотности угля насыпная плотность 20-микронной пыли уменьшится в 5,5 раз!

В этом случае (рисунок 1) введение единого поправочного коэффициента  $k_n$  теряет как теоретический, так и практический смысл, а вопрос о величине плотности частиц при расчетах процессов витания однозначно не определен.

Таким образом, можно констатировать парадоксальную ситуацию: непосредственное определение плотности пылевых частиц различного диаметра не представляется возможным, а их насыпная плотность (то есть то, что можно измерить физически), является до 300%-550% переменной величиной, для которой наиболее

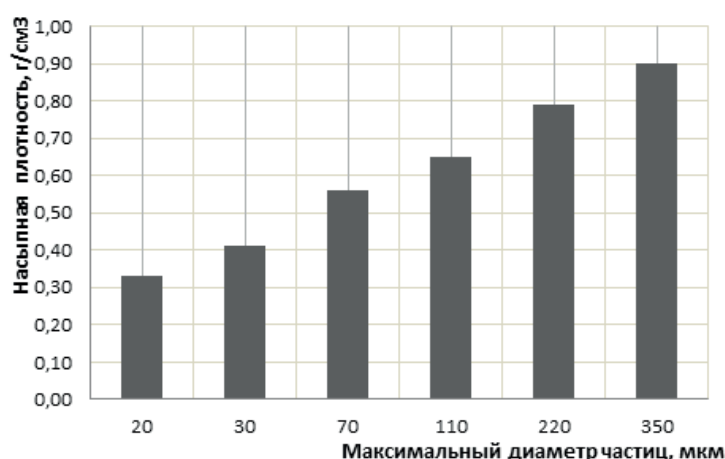


Рисунок 1. Изменение насыпной плотности пыли различного диаметра<sup>2</sup> (на примере пыли угля марки Д)

Figure 1. Changes in the bulk density of dust of different diameters (for example, d-grade coal dust)

<sup>1</sup> На уровне практического сравнения: плотность всего объема летательных аппаратов (самолетов, вертолетов) не может приниматься равной плотности алюминиевых или титановых сплавов. При расчете их летных характеристик учитывается объем кабин, салонов и отсеков, заполненных газом, – то есть проводится учет внутренних и внешних пустот, применительно к угольным частицам именуемых порами.

<sup>2</sup> Максимальный диаметр соответствует размеру ячеек сита, посредством которого получен образец пыли.

важным фактором влияния является величина диаметра частиц. В рамках данной статьи рассмотрены аспекты, оказывающие влияние на фактическую плотность угольных частиц, что в конечном случае предопределяет степень воздействия на частицы аэродинамических сил и определяет динамику процессов витания и осаждения пыли.

## 1. МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕЩИНОВАТОЙ И НЕОДНОРОДНОЙ СТРУКТУРЫ УГОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Исследования на микроскопах высокого и среднего разрешения в значительной степени проясняют вопрос о существенной разнице в плотности пыли, полученной из одной марки угля, но имеющей различную степень раздробленности. При этом максимальный эффект достигается при использовании сканирующей микроскопии, позволяющей получать достаточно четкие 3-D изображения микрообъектов (частиц), необходимые для визуальной оценки их строения и, соответственно, плотности.

Микроскопические исследования, выполненные авторами совместно с НИИ гигиены труда и профзаболеваний РАМН [3,4] на сканирующих электронных микроскопах высокого разрешения (Qwikscan-50, США; Stereoscan-600, Англия) и исследования последнего периода, выполненные на лабораторной базе ИПКОН РАН (JEOL JSM-6610, Япония; рисунок 2), позволили существенно уточнить ряд факторов, определяющих фактическую плотность витающих частиц:

- форму частиц и тенденции её классификации для различных марок углей (изометрическая, пластинчатая, палочкообразная);
- выявить трещиноватую структуру уголь-



Рисунок 2. Исследование формы и состава пылевых частиц на сканирующих микроскопах в ИПКОН РАН  
Figure 2. Study of the shape and composition of dust particles on scanning microscopes at ipcon RAS

ных частиц;

- визуально выявить различия в составе и, соответственно, различия в плотности внутренней и поверхностных частей пылинок.

Как будет показано далее, поверхностные образования (пленки), для условий микрообъектов составляют существенную часть объема, на физическом уровне отделимы от основного объема частицы, их влияние на плотность отдельных частиц возрастает с уменьшением диаметра частицы.

### 1.1. Форма угольных частиц

Форма угольных частиц может исследоваться на микроскопах со средним разрешением при увеличении изображения в  $\times 100$ – $\times 1000$  (рисунок 3).

Форма частиц является косвенным показателем их внутренней структуры и непосредственно связана с процессами витания частиц за счет «коэффициентов формы» при расчете сил сопротивления и подъемных аэродинамических сил. Кроме этого частицы продолговатой или «палочкообразной» формы, у которых одно из измерений (длина) превосходит ширину и высоту в 3-10 раз имеют, как правило, волокнистую структуру с существенными по объему и продолговатости пустотами [7], что сказывается в том числе на истинной плотности частицы.

Как видно из микроскопического изображения (рисунок 3) угольная пыль в своей основе имеет изометрическую форму<sup>3</sup>. В приведенном варианте продолговатые частицы составляют около 10%. Максимальное число частиц продолговатой формы отмечено в пыли углей марки «Д», их доля составляет около 18% от общего числа частиц. На рисунке 3 при 100-кратном увеличении видны два типа частиц: частицы с четко выделенными гранями «монолиты» («М» - на рисунке 3), составившие около 7% от числа частиц и частицы с рыхлыми очертаниями («Р») с явно выделенными пустотами, трещинами и порами, составляющими до 93% от общего их числа. Две наиболее характерные частицы помечены индексом «Р» на рисунке 3.

При дальнейшем увеличении разрешения микроскопа до  $\times 1000$  (рисунки 4,5) видно, что даже частицы-монолиты имеют трещины и поры шириной до 0,3-0,5 мкм со значительной протяженностью вдоль частицы («макропоры»).

Как видно из рисунка 5 даже плотные монолитные частицы содержат видимые системы

3

Изометрические частицы имеют неправильную форму при которой все три измерения примерно одинаковы или сопоставимы.



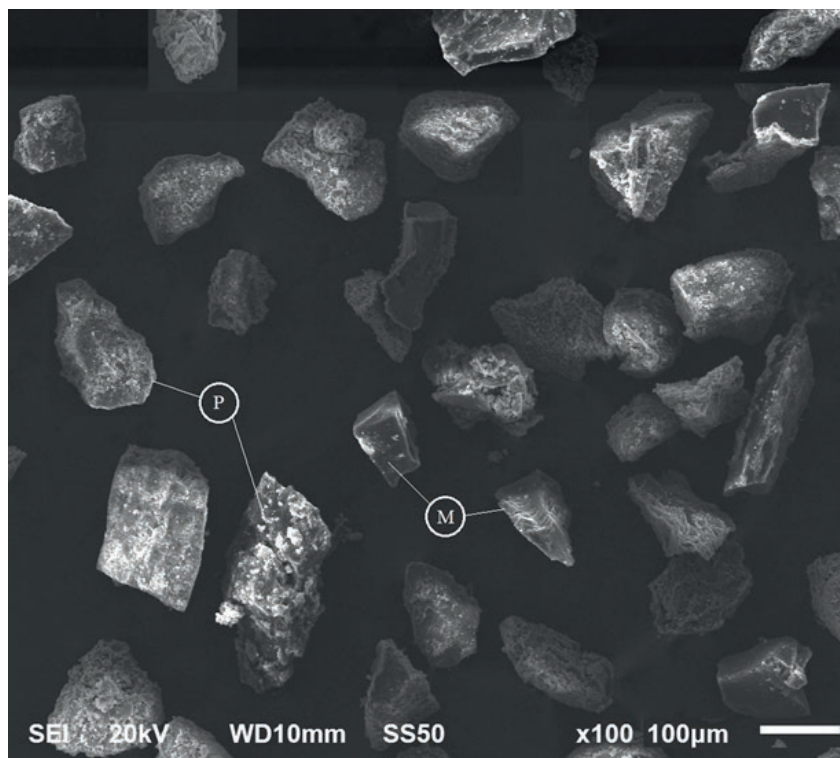


Рисунок 3. Пыль угля Г, эквивалентный диаметр частиц 50-120 мкм  
 Figure 3. Coal Dust G, equivalent particle diameter 50-120 microns

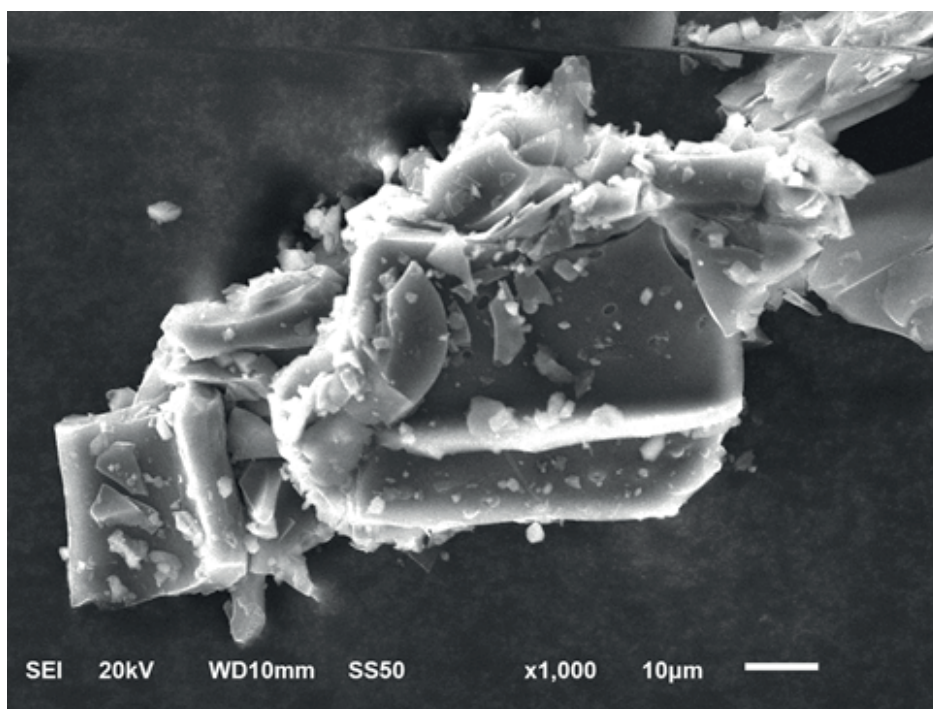


Рисунок 4. Частицы-монолиты с макропорами  
 Figure 4 monolith Particles with macropores

продолговатых «параллельных» трещин, снижающих массу пыли и ее плотность.

По отношению к наиболее распространенному типу «P» или рыхлых частиц (90-97% на различных микроскопических изображениях) очевидно, что сложная форма и наличие большого числа трещин и пор существенно снижают их плотность. Определить объем данных частиц, на который воздействуют аэродинамические

силы также затруднительно: на микроуровне вязкость воздуха сказывается таким образом, что молекулы газа не могут беспрепятственно проникать («проветривать») трещины в пылевых частицах и подъемная аэродинамическая сила, а также сила сопротивления среды воздействует на всю видимую оболочку частиц (рисунок 6, рисунок 7).

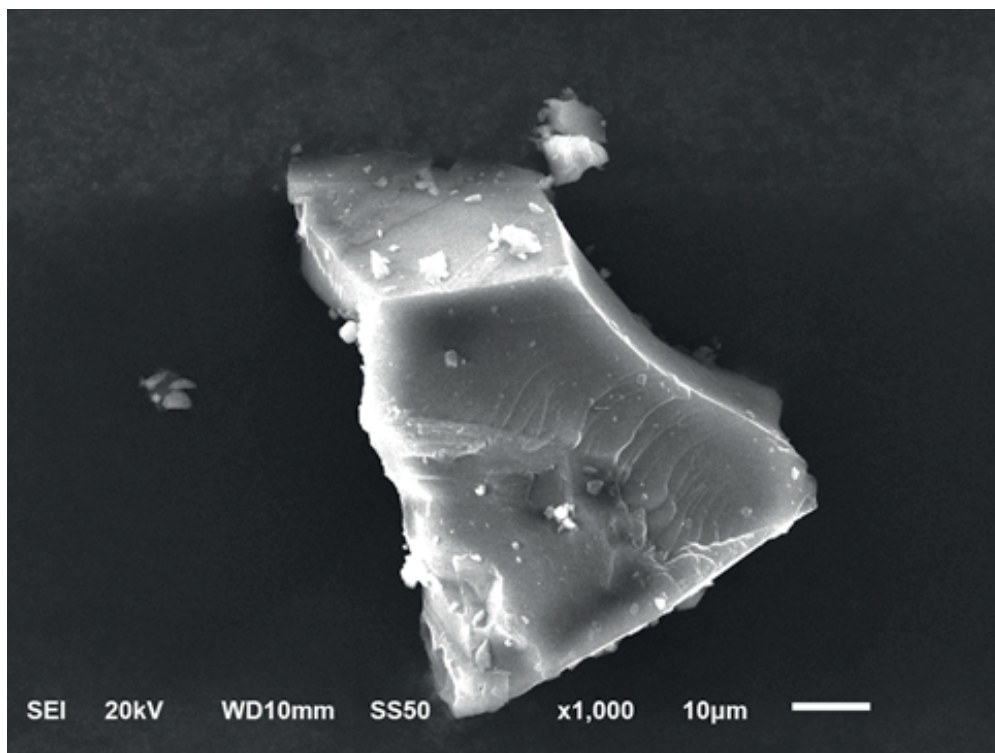


Рисунок 5 Частицы-монолиты с различимыми микротрещинами  
 Figure 5 monolith Particles with discernible microcracks

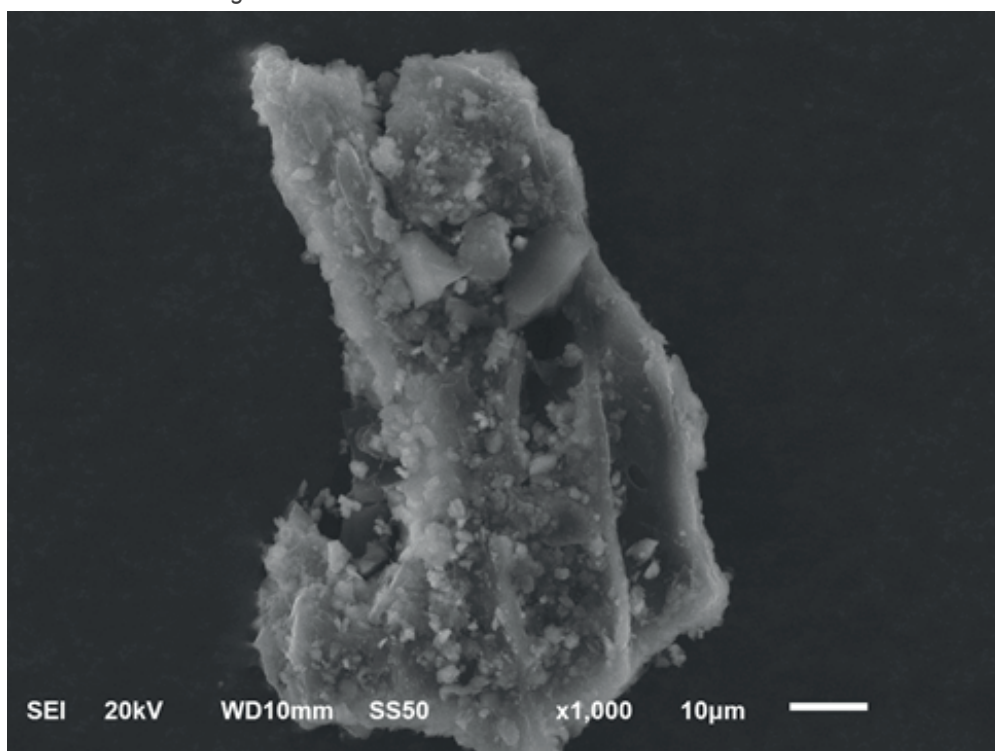


Рисунок 6 Характерная форма и структура «рыхлой» угольной частицы  
 Figure 6 Characteristic shape and structure of a "loose" coal particle

### 1.2. Исследование трещиноватой структуры угольных частиц

Трещиноватая структура угольных частиц с эквивалентными диаметрами 50-120 мкм наглядно продемонстрирована на рисунках 4-7. Исследование наиболее взрывоопасных частиц (менее 45 мкм) и респираторных фракций пыли

возможны при режимах x2500-x25000. Такие исследования проведены ранее совместно с НИИ гигиены труда и профзаболеваний РАМН с применением электронных сканирующих микроскопов высокого разрешения (СЭМ), их результаты детально представлены в монографии [7]. Характерные микроскопические исследования на СЭМ представлены на рисунках 8 и 9.

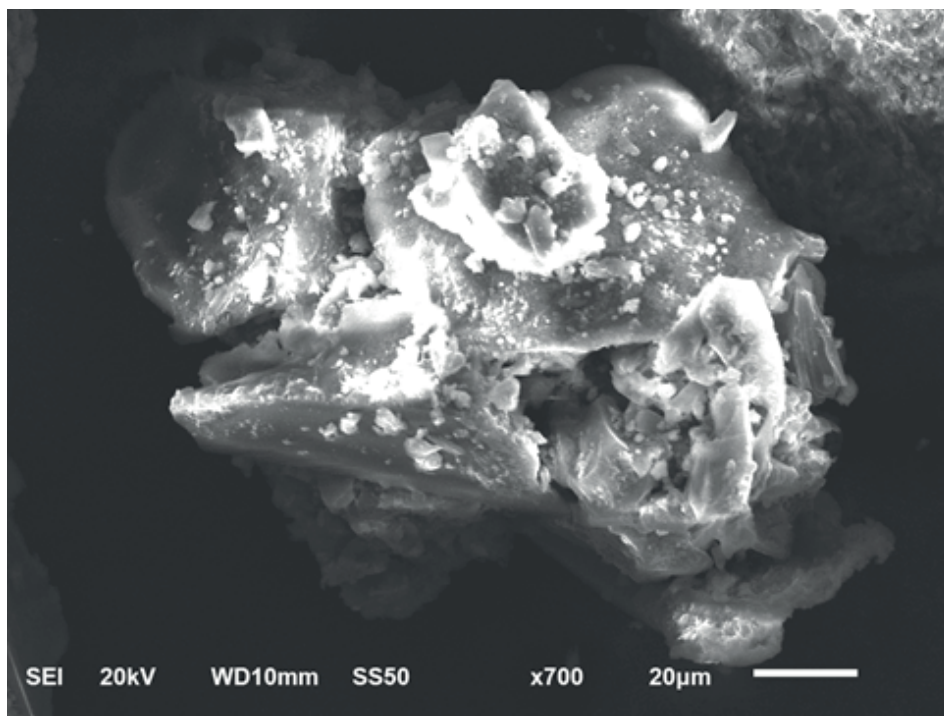


Рисунок 7 Частицы угольной пыли рыхлой структуры с «макропорами» и трещинами (увеличение  $\times 700$ )  
Figure 7 coal dust Particles of loose structure with "macropores" and cracks (magnification  $\times 700$ )

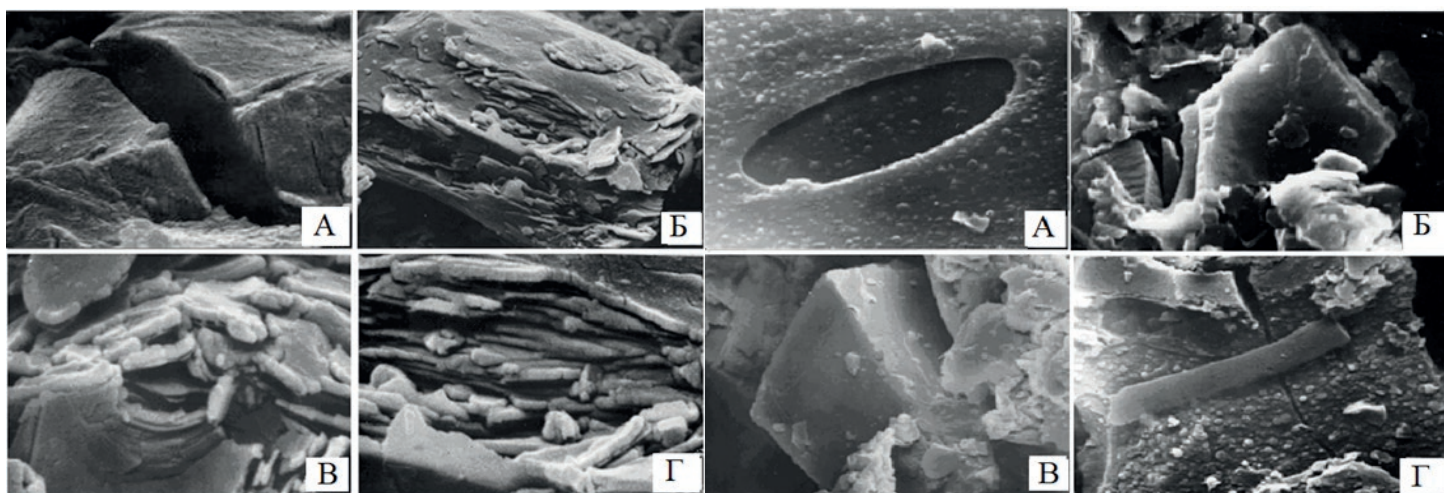


Рисунок 8 Пористая структура частиц угольной пыли (разрешение до  $\times 50000$ )  
Figure 8 Porous structure of coal dust particles (resolution up to  $\times 50000$ )

Рисунок 9 Частицы угольной пыли (разрешение  $\times 25000 - \times 50000$ ) с многочисленными порами и окислительными пленками на поверхности  
Figure 9 coal dust Particles (resolution  $\times 25000 - \times 50000$ ) with numerous pores and oxidizing films on the surface

Внутренняя структура угольных частиц достаточно хорошо видна при высоком разрешении сканирующих микроскопов ( $\times 25000$  и более). Пористая структуры частиц характерна для углей всех стадий метаморфизма. В предыдущем разделе данной статьи (на рисунках 3-7) представлена структура пылевых частиц угля марки «Г». Для углей марок «Б», «К» и антрацита пористая структура частиц представлена на рисунке 8 и рисунке 9.

### 1.3. Различия в составе угольных частиц, обнаруживаемые визуальным микроскопическим анализом

Наличие пленочных покрытий на частицах угольной пыли было обнаружено авторами настоящего исследования методом СЭМ анализа при разрешении сканирующих микроскопов ( $\times 25000$  и выше) для углей всех стадий метаморфизма:

- бурый уголь (рисунок 8, фрагмент А);
- длиннопламенный уголь (рисунок 9, фрагмент А);

- менты А,Б) ;
- коксующийся уголь (рисунок 9 , фрагменты В,Г);
- антрацит (рисунок 8 , фрагменты В,Г).

По аналогии с выводами фундаментальных работ в области аэрозолей [3-7] в качестве одной из основных принимается гипотеза: поверхностные пленки на аэрозольных частицах являются окислами материала частиц. Толщина поверхностных пленок (рисунки 8 и 9) оценена в пределах 120-150 нм или ≈0,15 мкм. В большинстве случаев (рисунок 8, рисунок 9) поверхностная пленка физически отделима от частицы. Появлению пленки способствуют окислительные процессы, происходящие в месте контакта угольного вещества с кислородом с момента образования частицы т.е. при разрушении массива угля.

На всех полученных микроскопических изображениях толщина пленки примерно одинакова. Поэтому, с убыванием размера частицы доля, приходящаяся на объем пленочного покрытия ( $V_p$ ) в общем объеме частицы ( $V$ ) непрерывно возрастает: для частицы 100 мкм объемом поверхностной пленки  $V_p$  составляет 0,4% от объема частицы, для 10 микронной частицы объем покрытия возрастает до 4,4%, для респираторной фракции пыли (1÷5 мкм) объем пленочного покрытия  $V_p$  составляет 4,4%-38,6% от объема частицы (рисунок 10).

Поскольку плотность окислов значительно меньше, чем плотность неокисленного вещества (в нашем случае - угля), то наличие окислительных пленок на частицах угольной пыли вносит существенное различие в величину их плотности.

В наиболее значимых работах в области аэрозолей наличие окислительных пленок и их влияние на процесс формирования плотности частицы показано в экспериментах с жидки-



Рисунок 10 Доля окислительной пленки в общем объеме частицы  
Figure 10 share of the oxidizing film in the total volume of the particle

ми аэрозолями на основе ртути (Hg) [3,4,5,6] и в опытах с аэрозолями на базе металлических частиц. Установлено, что при наличии в частицах ртути примесей, способствующих быстрому окислению, плотность витающих частиц была существенно ниже плотности ртути :

$$\rho_{ч.Hg} = 0,07 \div 10,8 \ll 13,6 \text{ г/см}^3 \quad (3)$$

Плотность твердых витающих частиц (таблица 1) исследовались методом вертикального электрического поля, в этих опытах плотности аэрозольных частиц также существенно отличалась от плотности металла, составляющего твердую фазу аэрозоля.

Отличия в величине истинной и кажущейся плотности объяснено [4] следующими причинами:

- поверхностные покрытия (пленки) на витающих частицах существенно снижают истинную плотность частиц, так как плотность окислов значительно меньше плотности неокисленного материала;

Таблица 1 Плотность аэрозольных частиц [3,4]  
Table 1 Density of aerosol particles [3,4]

Вещество	Плотность (г/см³)		Метод получения аэрозольных частиц
	Истинная (вещество)	Аэрозольные частицы	
Au	19,3	0,2÷8,0	Испарение в вольтовой дуге
Ag	10,5	0,64÷4,22	То же
Hg	13,6	0,07÷10,8	Нагревание в лодочке
MgO	3,6	0,24÷3,48	Сжигание металлического магния
HgCl <sub>2</sub>	5,4	0,62÷4,30	Нагревание в лодочке
CdO	6,5	0,17÷2,7	Испарение в вольтовой дуге

- создание агрегатов из частиц, покрытых поверхностными пленками из окислов, не приводит к слиянию частиц (даже жидких металлов), создаются образования с многочисленными порами, что резко снижает кажущуюся плотность агрегата.

Указанные выше факторы (окислительные пленки и пористая структура частиц) полностью подтверждены в ходе приведенных выше микроскопических исследований угольных пылей.

## 2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЧАСТИЦ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ РАЗЛИЧНОГО ЭКВИВАЛЕНТНОГО ДИАМЕТРА

Как видно из микроскопических исследований угольных пылевых частиц их структура не однородна. Во всех выделенных группах пылевых частиц («рыхлые» частицы, «монолит» и «промежуточные») имеются трещины и поры, составляющие значительную часть объема. Также в угольном веществе возможны микро-вкрапления неорганических или породных примесей, что вносит отклонение в истинную плотность частиц. Однако более существенным фактором, выявленным на основе микроскопических исследований СЭМ, представляется факт того, что уголь, как органическое вещество, склонен к окислительным реакциям на поверхности соприкосновения с кислородом. В этом случае после разрушения угольного массива и образования пылевых частиц на вновь образованной поверхности происходит реакция соединения с  $O_2$  и образуются окислительные пленки, доля которых в

общем объеме для витающих частиц различается и может составлять от 0,4% до 38,7 % от их объема (рисунок 10). Это определяет различия в величине, как насыпной, так и фактической (или «истинной» - то традиционной терминологии) плотности частиц различного диаметра (рисунок 11).

Данные рисунка 11 показывают, что насыпная плотность угольной пыли резко убывает с уменьшением моды и верхней границы размеров частиц. Для приведенных измерений зависимость насыпной плотности пыли от диаметра  $d$  частиц (от 20 до 850 мкм) может аппроксимироваться зависимостью:

$$\rho_{\text{пыли}} = A \cdot \ln(d + C) - B, \quad (4)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – константы, определяемые экспериментально.

В этом случае (с учетом  $k_p$  – экспериментального коэффициента внешних пустот) масса частицы пыли является нелинейной функцией диаметра частиц и может определяться из выражения:

$$m = V \cdot \gamma = \frac{k_p \cdot (A \cdot \ln(d + 20) - B) \cdot \pi \cdot d^3}{6} \quad (5)$$

Исходя из полученных результатов (4)÷(5) величина плотности пыли не может рассматриваться как константа для угольных полидисперсных аэрозолей, ее зависимость от диаметра должна учитываться в уравнениях движения и осаждения аэрозолей с твердой дисперсной фазой.

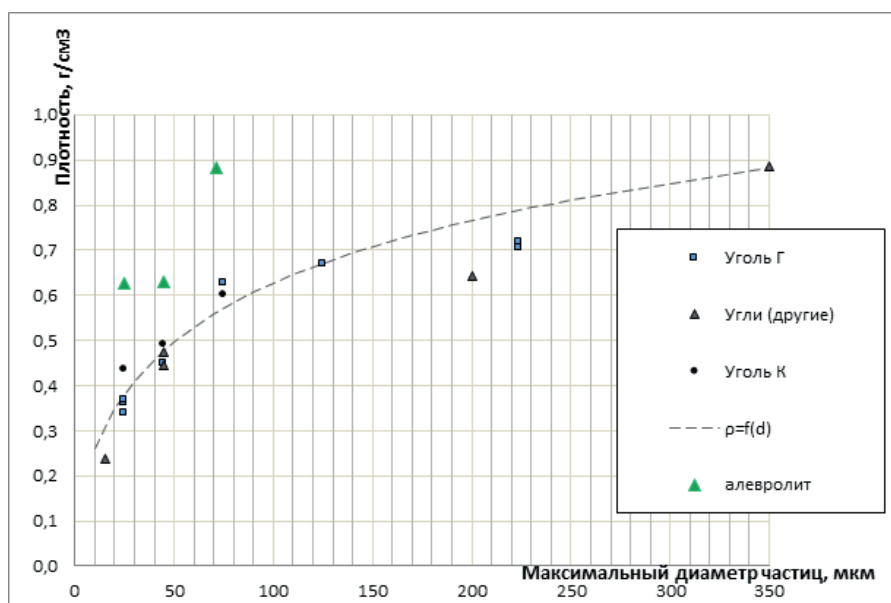


Рисунок 11 Изменение насыпной плотности пыли при изменении максимального размера частиц в пробе угольной пыли

Figure 11 Changes in the bulk density of dust when the maximum particle size changes in the coal dust sample

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электронно-микроскопические и лазерные исследования твердой дисперсной фазы аэрозолей (форма частиц, структура и плотность) позволили выявить ряд общих свойств, независимых от метаморфизма угля, образующего пылевые частицы:

1. Угольные частицы, независимо от марок угля и степени диспергации (дробления) имеют неоднородный состав. Даже самые мелкие фракции относимые к термину «пыль» (до 1 мкм) содержат в себе значительный объем внутренних и выходящих на поверхность внешних пор.

2. Большая часть исследованных на микроскопах высокого разрешения частиц содержала поверхностные окислительные пленки толщиной 120-150 нм, физически отделимые от частицы.

3. При уменьшении размеров частиц (т.е.

при убывании их эквивалентного диаметра  $d$ ) доля объема пленочного покрытия ( $V_p$ ) в общем объеме частицы ( $V$ ) непрерывно возрастает от 0,4% (для частицы 100 мкм) до 4÷39% для респираторных фракций пыли, что существенно влияет на фактическую плотность как конкретной частицы, так и множества частиц в аэрозоле, поскольку плотность окислов существенно ниже плотности не окисленного вещества.

4. Экспериментально установлена зависимость плотности угольной пыли (насыпная плотность с уплотнением) от величины эквивалентного диаметра  $d$  частиц: плотность аэрозольных частиц существенно убывает по нормально-логарифмической зависимости от диаметра частиц пыли. При уменьшении эквивалентного диаметра взрывоопасных частиц от 850 до 20 мкм плотность уменьшается на 81,3% или в 5,5 раз.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудряшов В.В. О законе распределения частиц по крупности продуктов разрушения угля в области малых размеров частиц // Аэрология: сб. науч. тр. по материалам симпозиума «Неделя горняка-2007». Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. М.: Мир горной книги, 2007. № ОВ12. С. 180–187.
2. Кудряшов В.В. О непрерывном контроле пылеотложения в горных выработках угольных шахт // Аэрология: сб. науч. тр. по материалам симпозиума «Неделя горняка-2007». Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. М.: Мир горной книги, 2007. № ОВ12. С. 58–70.
3. Уайтлоу-Грей Р., Паттерсон Х. Дым. Исследования в области аэродисперсных систем. М.: ОНТИ Госхимиздат, 1934. -184 с.
4. Фукс Н. А., Механика аэрозолей.- М.: Издательство Академии наук СССР, 1955.- 352 с.
5. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли-пыли, дымы и туманы / пер. с англ. Л.: Химия, 1969. - 428 с.
6. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию. М.: Мир, 1987. 280 с.
7. Романченко С.Б., Руденко Ю.Ф., Костеренко В.Н. Пылевая динамика в угольных шахтах.- М.: Горное дело, 2011.-256 с.
8. Романченко С.Б. Исследования плотности угольной пыли различного аэродинамического диаметра. //Горный информационно-аналитический бюллетень. Аэрология: Сборник научных трудов.- М.: «Мир горной книги». - 2008.-№ ОВ 5. - С.142-150.
9. Романченко С.Б. Комплексные исследования фракционного состава угольной пыли. //Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск - М.: «Горная книга».-2010.-№ОВ1. С.129-142.

## REFERENCES

1. Kudryashov, V. V. (2007). On the law of particle distribution by size of coal destruction products in the field of small particle sizes. *Aerologiya: SB. nauch. tr. based on the materials of the Symposium "miner's Week-2007". A separate issue of the Mining information and analytical Bulletin. Moscow: the World of mountain books, OV12.*, 180-187. [In Russian].
2. Kudryashov, V. V. (2007). On continuous control of dust deposition in coal mine workings. *Aerologiya: SB. nauch. tr. based on the materials of the Symposium "miner's Week-2007". A separate issue of the Mining information and analytical Bulletin. M.: the World of mountain books, OV12*, 58-70. [In Russian].
3. Whitelaw-Gray, R.,& Patterson, X. Smoke. (1934). *Research in the field of aerodisperse systems*. Moscow: ONTI Goskhimizdat.[In Russian].
4. Fuks, N. A. (1955). *Mechanics of aerosols*. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Science. [In Russian].
5. Green, H.,& lane, V. (1969). *Aerosols-dust, smoke and fog*. Leningrad: Chemistry. [In Russian].
6. Reist, P. (1987). *Aerosols. Introduction to the theory*. Moscow: Mir. [In Russian].
7. Romanchenko, S. B., Rudenko, Y. F.,& Kosarenko, V. N. (2011). *The dynamics of dust in coal mines*. Moscow: Mining business. [In Russian].
8. Romanchenko, S. B. (2008). Research of coal dust density of various aerodynamic diameters. *Mountain information and analytical Bulletin. Aerology: Collection of scientific papers, OV 5*, 142-150. [In Russian].
9. Romanchenko, S. B. (2010). Complex studies of the fractional composition of coal dust. *Mountain information and analytical Bulletin. Separate issue, OV1*, 129-142. [In Russian].



СИСТЕМА  
ПГО

СОЗДАНИЕ  
ВОДО-  
ВОЗДУШНОГО  
ТУМАНА

ЭФФЕКТИВНАЯ  
БОРЬБА С  
ПЫЛЬЮ

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА  
ВОДЫ ДО 12 РАЗ

СНИЖЕНИЕ  
ЗАПЫЛЕННОСТИ НА 80 %  
АВТОМАТИЗИРОВАНА



650002, Кемеровская область, г. Кемерово, Сосновый бульвар,  
1, Кузбасский технопарк. [indsafe.ru](http://indsafe.ru) +7-903-943-0759  
[dtrubitsyna@gmail.com](mailto:dtrubitsyna@gmail.com)



ВостЭКО и  
Горный-ЦОТ



НАО НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ПРОМЫШЛЕННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ

## Система контроля запыленности, интенсивности пылеотложений и дисперсного анализа СКИП-01

**Для определения дисперсности пыли, содержащейся в атмосфере и интенсивности запыленности используется оптический метод, а не весовой**

Модификации прибора СКИП:

- М1 - предназначена для измерения концентрации пыли, дисперсного состава, скорости движения воздуха, пылеотложения. Для данной модификации возможно подключение внешних датчиков пылеотложения.
- М2 - предназначена для измерения концентрации пыли, дисперсного состава, скорости движения воздуха, пылеотложения. Имеет взрывобезопасное исполнение.
- М3 - предназначена для измерения концентрации пыли, дисперсного состава, скорости движения воздуха, направления движения воздуха, пылеотложения. Имеет общепромышленное исполнение.
- М4 - предназначена для измерения концентрации и дисперсного состава частиц пыли(порошков). Предназначена для контроля дисперсного состава. Имеет общепромышленное исполнение.



- ✓ Автоматизированный инструмент контроля пылеотложения в режиме онлайн, необходимый согласно требованиям ПБ для угольных шахт и Положения об АГК
- ✓ Инструмент дисперсного анализа аэрозоля
- ✓ Прошел испытания во ФГУП «ВНИИФТРИ», Сертификат ТС АО «НЦ ВостНИИ»
- ✓ Диапазоны измерений: Запыленность от 0-1500 мг/м<sup>3</sup>, Дисперсный состав 0-150 мкм, Скорость воздуха 0,1-20 м/с, Накопление пыли в выработке 5-150 г/м<sup>3</sup>





# I. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ГЕОМЕХАНИКА

## I. INDUSTRIAL SAFETY AND GEOMECHANICS



■ Ю. А. Масаев // Yu. A. Masaev

канд. техн. наук, профессор ФГОУ ВО КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева  
Почетный член Академии горных наук  
candidate of technical sciences, professor  
FGOU VO KuzGTU named after T.F. Gorbachev,  
Honorary Member of the Academy of Mining Sciences



■ В. Ю. Масаев // V. Yu. Masaev

канд. техн. наук, доцент Кемеровская государственная сельскохозяйственная академия, кафедра ландшафтной архитектуры  
candidate of technical sciences, associate professor  
Kemerovo State Agricultural Academy, Department of Landscape Architecture

УДК 622.235.5

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В ПОРОДНОМ МАССИВЕ ПРИ СООРУЖЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

### STUDY OF THE CONDITIONS FOR FORMING ZONES CRACK FORMATION IN THE ROCK MASS AT CONSTRUCTION OF MINE WORKINGS WITH THE USE OF BLASTING

*Разработка месторождений полезных ископаемых неразрывно связана с проведением комплекса подземных горных выработок, нарушающих естественное состояние массива горных пород. При проведении горных выработок взрывным способом окружающие горные породы претерпевают значительные изменения естественного состояния.*

*В статье приведены результаты исследований степени нарушенности и условий формирования зон трещинообразования в законтурном массиве горных пород в результате взрываний оконтуривающих шпуров в породах с различными коэффициентами крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова при различных схемах расположения оконтуривающих шпуров.*

*The development of mineral deposits is inextricably linked with the implementation of a complex of underground mining operations that violate the natural state of the rock mass. When mining explosively, the surrounding rocks undergo significant changes in their natural state.*

*The article presents the results of studies of the degree of disturbance and conditions for the formation of fracture zones in the contour array of rocks as a result of exploding boreholes in rocks with different strength coefficients on the scale of prof. M. M. Protodiakonov under various schemes of the location of boreholes.*

**Ключевые слова:** ЗАРЯД ВВ, ОКОНТУРИВАЮЩИЕ ШПУРЫ, ЗОНА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ, ВОЛНА НАПРЯЖЕНИЯ, ЛИНИЯ НАИМЕНЬШЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ.

**Key words:** THE EXPLOSIVE CHARGE, AND DELINEATION DRILL HOLES, AREA OF CRACKING, THE STRESS WAVE, THE LINE OF LEAST RESISTANCE.

**П**ри добыче полезных ископаемых подземным способом необходимо проводить комплекс горных выработок различного назначения и направления. До момента проведения горных выработок горные породы находятся в определенном напряженном состоянии, и естественное поле напряжений нетронутого массива рассматривается как результат действия двух силовых полей: поля гравитационных сил и поля тектонических

сил. Каждые горные породы претерпели свои геологические условия преобразования и могут иметь естественные трещины, заколы, разрывы и другие нарушения, что оказывает влияние на формирование поля напряжения породного массива.

Проведение горных выработок приводит к нарушению естественного напряженного состояния породного массива вокруг контура горной выработки. Нарушение естественного равновес-

ного состояния формирует две новые области напряженного состояния: область пониженных напряжений в кровле и почве выработки (зона разгрузки) и область повышенных напряжений в боках выработки (зона опорного давления) и очень важно учитывать наличие этих зон при производстве взрыва зарядов ВВ в оконтуривающих шпурах, оказывающих существенное влияние на состояние законтурного массива горных пород.

При проведении горных выработок взрывным способом должны предъявляться два основных требования: обеспечение проектного контура горной выработки и минимальная нарушенность законтурного массива. Качество оконтуривания горной выработки принято оценивать по трем основным показателям: размерам неровностей стенок выработки после взрыва; коэффициенту излишка поперечного сечения (отношения фактического поперечного сечения выработки к проектному); степени нарушенности законтурного массива.

Нарушенность законтурного массива оказывает значительно влияние на безопасность эксплуатации пройденных горных выработок и величина зон нарушенности зависит от многих факторов.

Проведенные исследования показали, что в различных горных породах при различных условиях взрывания оконтуривающих шпуров формирование зон нарушенности и их размеры зависят от целого ряда условий. В первую очередь, величина зон разрушения зарядами оконтуривающих шпуров определяет величину

линейных отклонений фактического контура выработки от проектного и величина этих зон зависит от расстояния между оконтуривающими шпурами, линии наименьшего сопротивления (ЛНС) зарядов, весового количества ВВ, приходящегося на единицу длины шпура и угла наклона оконтуривающих шпуров.

Одним из важных факторов является продолжительность процесса разрушения породы на контуре выработки, зависящая от свойств горной породы и сетки расположения оконтуривающих шпуров.

В таблице 1 приведена продолжительность разрушения породы между оконтуривающими шпурами в зависимости от расстояния между ними ( $E$ ) и величины линии наименьшего сопротивления зарядов оконтуривающих шпуров ( $W$ ) при различных коэффициентах крепости ( $f$ ).

Из приведенных данных видно, что с увеличением линии наименьшего сопротивления продолжительность разрушения породы увеличивается, причем более интенсивно при снижении коэффициента крепости горных пород и для каждой группы горных пород существует определенная зависимость между величинами  $E$  и  $W$ , при которой продолжительность разрушения наименьшая.

На скорость разрушения породы по линии оконтуривания существенное влияние оказывает естественная трещиноватость горных пород и ориентировка систем трещин относительно линии оконтуривания. Скорость разрушения увеличивается с увеличением трещиноватости по-

Таблица 1. Продолжительность разрушения породы между оконтуривающими шпурами  
Table 1. Duration of rock destruction between contouring bore holes

Горные породы	$f$	$W$ , м	$E$ , м	Продолжительность разрушения, м/с	
				от – до	среднее
1	2	3	4	5	6
Крепкие, светло-серые, монолитные	8–12	0,4	0,4–0,8	1,2–2,1	1,5
		0,6	0,4–0,8	1,5–2,4	2,0
		0,8	0,4–1,0	2,0–2,7	2,2
		1,0	0,4–1,2	2,3–3,8	2,8
Песчаники крепкие	6–8	0,4	0,4–0,8	3,8–5,1	4,4
		0,6	0,4–0,8	4,5–6,7	5,4
		0,8	0,4–1,0	5,4–7,4	6,2
		1,0	0,4–1,2	6,5–8,9	7,1
Песчаники средней крепости крепкие алевролиты	4–6	0,4	0,4–0,8	7,4–9,6	8,1
		0,6	0,4–0,8	8,3–10,5	9,4
		0,8	0,4–1,0	10,1–12,0	10,6
		1,0	0,4–1,2	10,8–12,3	11,8

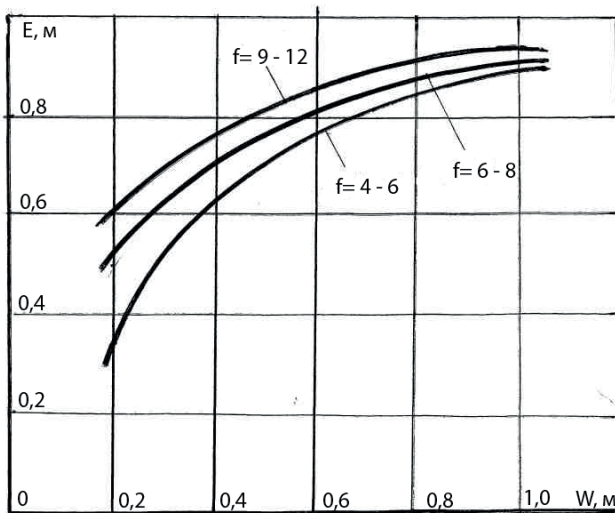


Рисунок 1. График зависимости оптимальных расстояний между оконтуривающими шпурами ( $E_{opt}$ ) от величины линии наименьшего сопротивления ( $W$ )  
 Figure 1. Graph of the optimal distance between bounding spurs ( $E_{opt}$ ) from the line size least resistance ( $W$ )

роды и с уменьшением угла между плоскостью оконтуривания выработки к одной из наиболее интенсивных систем трещин и, в общем случае, от свойств горных пород и схемы расположения оконтуривающих шпуров (расстояния между оконтуривающими шпурами) зависит скорость разрушения и сдвига отбитого слоя горной породы.

На рисунке 1 приведен график оптимальных расстояний между оконтуривающими шпурами при различной величине ЛНС зарядов ВВ обеспечивающих минимальное время разрушающего действия взрыва на законтурный массив.

Оптимальные значения расстояний между оконтуривающими шпурами возрастают с увеличением ЛНС. Вначале (до  $W = 0,6$  м) увеличиваются почти пропорционально, а при дальнейшем увеличении ЛНС оптимальные расстояния изменяются незначительно. Наибольшее возрастание оптимальных расстояний наблюдается в более слабых породах.

Так, в породах с  $f = 4-6$  при изменении ЛНС зарядов от  $W = 0,2$  м до  $W = 0,6$  м оптимальные расстояния между оконтуривающими шпурами составляют 0,34 и 0,77 м, то в породах с  $f = 6-8$  эта величина изменится с 0,5 м до 0,82 м, а в породах с  $f = 8-12$  только с 0,6 м до 0,86 м. Таким образом, для всех категорий горных пород величина коэффициента сближения зарядов ВВ – величина переменная и уменьшается с увеличением ЛНС.

Степень нарушенности законтурного массива горных пород оценивалась по кернам, из-

влекаемым после взрывания зарядов ВВ в оконтуривающих шпурах. При проходке горных выработок в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протоdjeяконова  $f = 4-6$  массив в зоне расположения заряда ВВ до глубины 0,30–0,45 м имел густую сеть трещин и керн почти всегда был разделен на кусочки, размер которых с глубиной расположения керна увеличивался. С повышением коэффициента крепости горных пород эта глубина уменьшалась и составляла 0,15–0,30 м и при дальнейшем увеличении глубины керн выходил без видимых нарушений и поэтому дальнейшая оценка глубины нарушенности массива без дополнительной обработки кернов была невозможной.

Интерес представляло изучение степени нарушенности законтурного массива в местах расположения заряда ВВ и внутренней забойки. Сравнение результатов исследований с помощью ультразвуковой аппаратуры показало, что на участках расположения заряда ВВ нарушенность породного массива в породах с коэффициентом крепости  $f = 4-6$  составляла, в среднем, 1,03 м, а на участке расположения внутренней забойки 0,7 м. В породах с  $f = 8-12$  нарушенность составляла, соответственно, 0,56 и 0,33 м, т.е. на участках расположения зарядов ВВ нарушенность породного массива в 1,3–1,6 раза больше, чем на участках расположения внутренней забойки.

Значительное влияние на величину зоны нарушенности и ее состояние оказывает расстояние между оконтуривающими шпурами. Причем влияние расстояния между шпурами на область трещинообразования и область волнового ослабления не одинакова. На рис. 2 представлено изменение величины и состояние зоны нарушенности законтурного массива в породах с  $f = 4-6$  в зависимости от расстояния между оконтуривающими шпурами ( $E$ ). Так, в породах с коэффициентом крепости  $f = 4-6$  нарушенность законтурного массива при  $E = 80$  см в 1,7 раза больше на участке расположения заряда ВВ и в 1,8 раза больше на участке расположения внутренней забойки, чем при  $E = 20$  см.

Изменяется и состояние общей зоны нарушенности с изменением расстояния между шпурами. Если общая глубина зоны нарушенности постоянно возрастает с ростом расстояния между шпурами, то область трещинообразования имеет минимальное значение при  $E = 50$  см. Уменьшение и увеличение расстояния между шпурами ведет к увеличению глубины трещинообразования, что имеет весьма важное значе-

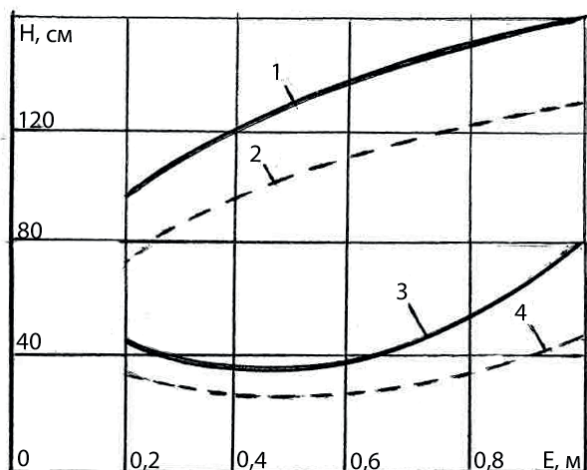


Рисунок 2. Изменение глубины нарушения законтурного массива ( $N$ ) от расстояния между оконтуривающими шпурами ( $E$ ): 1-2 – общая зона ослабления законтурного массива на участках расположения зарядов ВВ и внутренней забойки, соответственно; 3-4 – то же, зона радиальных трещин

Figure 2. Changing the depth of violation of the contour array ( $N$ ) from the distance between the contouring bores ( $E$ ): 1-2-the General area of weakening of the contour array at the sites of the location of the EXPLOSIVE charges and the inner face, respectively; 3-4-the same, the zone of radial cracks

ние для устойчивости горных выработок.

Исследования показали, что продолжительность разрушения породы взрывом оконтуривающих шпуров составляет в породах с  $f = 4-6$  от 7 до 13 мс, в породах с  $f = 6-8$  от 4 до 9 мс и в породах с  $f = 8-12$  от 1,5 до 5 мс.

Глубина зон трещиноватости при этом составляет в породах  $f = 4-6$  от 0,32 до 0,8 м, в породах с  $f = 6-8$  от 0,2 до 0,43 м, а в породах с  $f = 8-12$  от 0,12 до 0,23 м.

Кроме того, с увеличением коэффициента крепости горной породы возрастание глубины зоны трещинообразования с увеличением времени действия взрыва значительно менее интенсивно, чем в слабых породах.

Так, в породах с коэффициентом крепости  $f = 4-6$  увеличение времени действия взрыва с 6 до 13 мс, то есть в 2,2 раза, дает увеличение глу-

бины зоны трещинообразования с 0,32 до 0,8 м, то есть в 2,5 раза. А в породах с коэффициента крепости  $f = 6-8$  и с  $f = 8-12$  увеличение времени разрушения, соответственно, с 4 и 1,5 мс до 9 и 4,8 мс, то есть в 2,25 и в 3,2 раза, дает увеличение глубины зоны трещинообразования только с 0,2 и 0,12 м до 0,43 и 0,22 м, то есть в 2,15 и 1,8 раза.

Было установлено также, что при повторном и последующих воздействиях волн напряжений от взрыва зарядов ВВ в оконтуривающих шпурах глубина нарушения законтурного массива увеличивается в 1,15–1,2 раза и поэтому для определения общей глубины нарушения, при расчетах следует вводить коэффициент, равный 1,2. Исследования показали также, что глубина зон нарушения законтурного массива горных пород неравномерна по периметру горной выработки – в кровле выработки она составляет, в среднем 1,2–1,3 глубины зоны нарушения в боках выработки. Такое соотношение объясняет тот факт, что при проходке и эксплуатации горных выработок происходят аварийные ситуации, связанные с обрушением кровли. Наличие зон трещинообразования в законтурном массиве значительно снижает устойчивость породных обнажений из-за целого ряда факторов – постоянно действующего горного давления, нарушение равновесного состояния породного массива, физико-механических свойств окружающих горных пород, наличие и количество влаги в породном массиве и др.

Для предотвращения аварийных ситуаций необходимо при разработке паспортов буровзрывных работ учитывать все условия и причины образования зон трещинообразования в законтурном массиве горных пород и принимать соответствующие решения, направленные на обеспечение устойчивости горных выработок в период их эксплуатации, в том числе и применении определенных способов крепления породных обнажений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копытов, А. И. Разработка рациональной технологии крепления горных выработок в удароопасных условиях / А. И. Копытов, А. А. Лебедев, Б. А. Утробин // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2017, № 5. – С. 10–14.
2. Масаев, Ю. А. Условия проведения горных выработок в напряженном породном массиве // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2013, № 3. – С. 24–26.
3. Копытов, А. И. Взрывные работы в горной промышленности / А. И. Копытов, Ю. А. Масаев, В. В. Першин. Монография. – Новосибирск, Наука, 2013. – 511 с.
4. Штумпф, Г. Г. Горное давление в подготовительных выработках угольных шахт / Г. Г. Штумпф, П. В. Егоров, Петров А. И. – Москва : Недра, 1996. – 352 с.
5. Масаев, Ю. А. Исследование влияния напряженного состояния горного массива на эффективность взрывных работ / Ю. А. Масаев, Д. Ф. Тимофеев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. Материалы II Российско-Китайского симпозиума «Строительство подземных сооружений и шахт», 2002, № 5. – С. 53–54.

6. Доманов, В. П. Исследование условий формирования зоны нарушенности законтурного массива и ее влияние на устойчивость горных выработок / В. П. Доманов, Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, Е. Н. Балаганская // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, 2015, № 1. – С. 16–20.
7. Патент 138709 Российская Федерация, МПК E 2121/00 (2006.01). Распорно-прижимной анкер / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, С. А. Соколов ; заявитель и патентообладатель Кузбасс. гос. техн. ун-т. № 2013143403/03 ; заявл. 26.11.2013 ; опубл. 20.03.2014, Бюл. № 8.
8. Масаев, Ю. А. Новые разработки в области крепления и повышения устойчивости породных обнажений в горных выработках / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, Л. Д. Филина // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2015, № 1. – С. 41–45.
9. Першин, В. В. Исследование закономерностей формирования импульса давления в зарядной полости / В. В. Першин, Ю. А. Масаев, Н. В. Мильбергер. Известия высших учебных заведений. Горный журнал. Екатеринбург, 2015, № 1. – С. 93–102.
10. Копытов, А. И. Строительство подземных объектов особого назначения в условиях железорудных месторождений Кузбасса / А. И. Копытов, Ю. А. Масаев // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений. Труды V Международной конференции. 7-8 октября 2016 г., Екатеринбург, 2016. – С. 216–221.

## REFERENCES

1. Kopytov, A. I., Lebedev, A. A., & Utrobin, B. A. (2017). Development of rational technology for fixing mining workings in shock-prone conditions. *Bulletin of the Kuzbass state technical University*, 5. - 10-14. [In Russian].
2. Masaev, Yu. A. (2013). Conditions for mining operations in a stressed rock mass. *Bulletin of the Kuzbass state technical University*, 3. - 24-26. [In Russian].
3. Kopytov, A. I., Masaev, Yu. A., & Pershin, V. V. (2013). Blasting operations in the mining industry. Monograph. - Novosibirsk, Nauka, . - 511 p. [In Russian].
4. Shtumpf, G. G., Egorov, P. V., & Petrov, A. I. (1996). *Mountain pressure in the preparatory workings of coal mines*. Moscow: Nedra. [In Russian].
5. Masaev, Yu. A., & Timofeev, D. F. (2002). Study of the influence of the stress state of the mountain massif on the efficiency of blasting. *Bulletin of the Kuzbass state technical University. Materials of the II Russian-Chinese Symposium "Construction of underground structures and mines"*, 5. - 53-54. [In Russian].
6. Domanov, V. P., Masaev, Yu. A., Masaev, V. Yu., & Balaganskaya, E. N. (2015). Investigation of the conditions for the formation of a zone of disturbance of the rock mass and its influence on the stability of mining workings. *Bulletin of the scientific center for safety of work in the coal industry*, 1. – 16-20. [In Russian].
7. Masai, Y. A., Mamaev, V. Y., & Sokolov, S. A. . (2014). *Patent 138709 Russian Federation, IPC E 21/00 (2006.01). Spacer- hold- down anchor*, applicant and patentee of Kuzbass. state tech. uni-T. no. 2013143403/03; declared. 26.11.2013; publ. 20.03.2014, *Bulletin*, 8. [In Russian].
8. Masaev, J. A., Masaev, V. Yu., & Filina, L. D. (2015). New developments in the field of fastening and increasing the resistance of rock outcrops in mine workings. *Bulletin of the Kuzbass state technical University*, 1. - 41-45. [In Russian].
9. Pershin, V. V., Masaev, Yu. A., & Milberger, N. V. (2015). Investigation of regularities of pressure pulse formation in the charging cavity. *News of higher educational institutions. Mining journal. Yekaterinburg*, 1. - 93-102. [In Russian].
10. Kopytov, A. I., & Masaev, Yu. A. (2016). Construction of special purpose underground facilities in the conditions of iron ore deposits of Kuzbass. *Design, construction and operation of complexes of underground structures. Proceedings of the V International Conference. October 7-8, 2016, Yekaterinburg*, - 216–221. [In Russian].

## II. ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

## II. FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY



Д.Ю. Палеев/D.Yu. Paleev  
pa107@rambler.ru

доктор. техн. наук, ФГКУ НГЦ, 654000,  
Россия, г. Новокузнецк, просп.  
Авиаторов, 54,  
Doctor of technical sciences, FGKU  
NGC, 654000, Russia, Novokuznetsk, 54,  
Prospekt Aviatorov

УДК 622.8

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

### CONDITION AND PROSPECTS OF MINE RESCUE WORKS SCIENTIFIC SUPPORT

*Показана роль науки в изучении сложных физических процессов при протекании подземных аварий и ее значимость при разработке способов и средств их ликвидации. Отмечены три негативных момента, связанных с распадом СССР, отразившихся на научном обеспечении ВГСЧ. Дано краткое описание проблем, накопившихся в горноспасательном деле, и показана необходимость их безотлагательного решения. Обоснована необходимость восстановления экспериментальной базы ВГСЧ и организации научно-исследовательского института, способного решать весь комплекс горноспасательных проблем.*

*The role of science in the study of complex physical processes in the course of underground accidents and its significance in the development of methods and means of their elimination is shown. Three negative aspects were noted associated with the collapse of the USSR, which reflected on the scientific support of VGSC. A brief description of the problems that have accumulated in the mine rescue business is given, and the need for their urgent solution is shown. The necessity of restoring the experimental base of VGSC and the organization of a research institute capable of solving the whole complex of mine rescue problems is substantiated.*

**Ключевые слова:** АВАРИЯ, ВЗРЫВ, ПОЖАРЫ, УГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ВГСЧ, ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ, РАСЧЕТ ПЕРЕМЫЧЕК, АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ ПРОВЕТРИВАНИЯ.

**Key words:** EMERGENCY, EXPLOSION, FIRES, COAL INDUSTRY, VHSCh, RESCUE WORKS, CALCULATION OF STOPPINGS, EMERGENCY VENTILATION MODES.

Серьезное изучение аварийных процессов в горном деле началось после серии взрывов, прогремевших в угольных шахтах Европы в XIX веке, когда правительство Франции вынуждено было обратиться к французской академии наук с просьбой изучить эти катастрофические явления. Именно этот заказ и дал толчок развитию физики горения и взрыва на академическом уровне, результаты которой и сейчас используются при разработке способов и средств тушения пожаров, локализации взрывов и их предотвращения [1-6].

Уже с начала зарождения горноспасательного дела наука всегда была рядом. При первых горноспасательных станциях организовывались исследовательские лаборатории, преобразованные в 30-х годах в ЦНИЛ ВГСЧ, в которых разрабатывались респираторы, средства контроля рудничной атмосферы, а также способы, сред-

ства и тактика ликвидации аварий. В 1968 году г. Донецке был организован институт горноспасательного дела (ВНИИГД) с Восточным отделением в Кузбассе, Карагандинским и Днепропетровским отделами. Круг решаемых им задач был чрезвычайно широк и охватывал все стороны горноспасательного дела. Его разработки были мирового уровня и применялись за рубежом. В состав института входил отдел жизнеобеспечения космонавтов, представители которого присутствовали в Центре управления полетов. Были и две экспериментальные штольни для моделирования пожаров и взрывов.

Для сокращения времени постановки научной разработки в серийное производство и последующего её внедрения в подразделения ВГСЧ в 1972 году было создано Всесоюзное научно-производственное объединение горноспасательного дела (ВНПО «Респиратор»), а в

Минуглепроме СССР - всесоюзное Управление ВГСЧ. В результате была создана единая система горноспасательной службы, которая объединяла оперативную, научную и производственную сферу деятельности. Годы, предшествующие распаду СССР, без преувеличения были годами расцвета горноспасательной науки.

Из-за чрезвычайной сложности физических процессов, протекающих во время подземных аварий, наука играет огромную роль при разработке способов и средств их ликвидации. При этом горноспасательная наука должна уделять особое внимание перспективным направлениям и проводить исследования на уникальном, а не на серийном оборудовании и приборах. Только это позволит горноспасателям во всеоружии ликвидировать самые сложные аварии при любых изменениях технологии угледобычи. Однако с распадом СССР произошел резкий спад в развитии научного обеспечения горноспасательных работ. Здесь следует выделить три негативных момента:

1. На базе Восточного отделения ВНИИГД был сразу же сформирован самостоятельный институт РосНИИГД с последующей передислокацией в 1993 году в г. Кемерово для решения всего спектра задач по горноспасательному делу. Приказом Минтопэнерго России от 29.04.96 г. № 107 на РосНИИГД возложены функции головного института по проблемам противоаварийной и противопожарной защиты предприятий угольной промышленности. В 1997 году РосНИИГД вошел в состав ВГСЧ угольной промышленности Российской Федерации. Это позволило оперативно решать вопросы горноспасательной науки, противоаварийной и противопожарной защиты шахт и внедрения новых разработок с участием личного состава ВГСЧ непосредственно в аварийных ситуациях. Деятельность института была тесно связана с Кемеровским экспериментальным заводом средств безопасности и заводом шахтного пожарного оборудования в г. Ленинске-Кузнецком. В стенах нового института накапливался и анализировался опыт ведения горноспасательных работ, который затем объединялся с достижениями научно-технического прогресса. Однако в тяжелые 90-е годы коллектив института перестал развиваться в научном плане, что в конечном итоге привело к потере квалифицированных кадров. Институт утратил свои лидирующие позиции и разделился на две небольшие коммерческие структуры. Разработка новых способов, средств и тактических приемов ликвидации аварий практически прекратилась.

2. Реструктуризация угольной промышленности и появление высокопроизводительной очистной и проходческой техники резко сократили число аварий, но увеличили тяжесть их протекания. Участились взрывы угольной пыли, которые стали часто перерастать в катастрофы. Горноспасательная наука, находящаяся в кризисном состоянии, не была готова к таким авариям, и при их ликвидации все чаще стали гибнуть горноспасатели.

3. Устав ВГСЧ и вся нормативная база перестали соответствовать новым реалиям, в результате руководители горноспасательных работ оказались незащищенными в юридическом плане и при гибели горноспасателей стали привлекаться к суду.

Коренная перестройка угольной промышленности не могла не коснуться и ВГСЧ. В 2010 году ВГСЧ перешло в МЧС, а в 2011 году был создан Новокузнецкий филиал ФГБУ ВНИИПО с перспективой последующего преобразования его в «Научно-исследовательский центр горноспасательного дела» на площадях «Национального горноспасательного центра», строительство которого должно было завершиться в 2014 году. К сожалению, «Национальный горноспасательный центр» до сих пор не построен, а Новокузнецкий филиал в 2015 году был ликвидирован. Однако после аварии на шахте «Северная» в г. Воркуте, когда поняли, что без горноспасательной науки ликвидировать аварии очень сложно, в 2016 году был сформирован научно-исследовательский отдел в составе «Национального горноспасательного центра» все с той же перспективой преобразования его в самостоятельную научно-исследовательскую организацию.

Такое кризисное состояние горноспасательной науки неминуемо привело к возникновению целого ряда серьезных проблем, требующих своего разрешения. Вот некоторые из них.

**Нормативная база ВГСЧ**, регламентирующая безопасность ведения горноспасательных работ, основывается на исследованиях, выполненных в 60-80-е годы XX в. Однако за прошедший период изменилась технология подземной угледобычи, произошли существенные структурные изменения в системе управления ВГСЧ, изменилось её техническое оснащение. Это потребовало пересмотра всей нормативной-правовой базы, регулирующей деятельность ВГСЧ на территории Российской Федерации, и начать разработку новых руководящих документов, реализующих актуальную на сегодняшний день концепцию оправданного риска при ведении горноспасательных работ, связанных со спасением

людей, застигнутых аварией [7]. Здесь необходимо использование методов принятия решений в условиях неопределенности в уникальных, не имеющих аналогов, ситуациях, которые во многом зависят от выбора аварийных режимов проветривания, результатов компьютерного моделирования границ опасных зон и оценки влияния поражающих факторов на состояние пострадавших [8-10]. Разработка новой для ВГСЧ концепции оправданного риска требует постановки отдельных работ по исследованию эффективности использования современных вероятностно-статистических методов оценки риска при согласовании планов ликвидации аварии в части посылки отделений ВГСЧ на разведку, спасение людей и ликвидацию аварийных ситуаций, а также оценки потенциальной опасности возникновения аварий и инцидентов на горных предприятиях [7, 9].

**Отсутствие опытно-экспериментальной базы** для проведения исследований и отработки новых научно-технических решений говорит об отсталости научной составляющей ВГСЧ, что отрицательно сказывается на безопасности ведения горноспасательных работ и противоаварийной устойчивости шахт. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, которые нельзя выполнить без использования современной лабораторной базы, измерительной аппаратуры и компьютерной техники, не ставятся вообще. Особенно это касается работ, связанных с созданием и внедрением в отрядах принципиально новых способов и средств ликвидации аварий. Как правило, технологии их применения сначала отрабатываются на лабораторных установках и специализированных стендах с применением методов математического моделирования. Образовавшийся вакуум сразу же стали заполнять разработки других организаций, которые дороже и не всегда отвечают предъявляемым к ним требованиям. Примером может служить внедрение на шахтах, в качестве альтернативы существующим водяным и сланцевым заслонам, автоматических взрывоопасных систем АСВП-ЛВ [11]. Не испытанные в условиях, приближенном к шахтным, эти системы оказались неэффективными, создавали иллюзию безопасности и всегда получали отрицательную оценку в заключениях экспертных комиссий по расследованию аварий.

**Разработка способов и средств ликвидации аварий** и поиск новых огнегасительных составов, практически остановились. С изменением технологии угледобычи и переходом шахт в руки частных собственников тушение слож-

ных пожаров, занимающее несколько месяцев, а иногда и несколько лет, приобретает особую актуальность. Их обычно тушат методом изоляции, к которому прибегают в случаях, когда пожар находится в недоступном месте (например, в выработанном пространстве) или существует угроза взрыва, которую невозможно предотвратить. Удельный вес таких развившихся пожаров составляет примерно 10 %, однако они дают до 95 % всех убытков от аварий. Поэтому сейчас актуальной становится разработка рекомендаций по оптимизации выполнения горноспасательных работ, выявление возможности повышения их эффективности и безопасности в части снижения трудоёмкости и сокращения сроков их выполнения при изменении внешних условий и при ограничениях в наличных силах и средствах. Ранее разработанные до реконструкции угольных шахт способы и средства ликвидации аварий перестали в полной мере удовлетворять изменившимся условиям, а вновь разрабатываемые и применяемые при ликвидации аварии не проходят испытания на работоспособность из-за отсутствия в России соответствующей полигонной и экспериментальной базы. В результате горноспасатели становятся заложниками морально устаревших и малоэффективных способов и средств ликвидации аварий.

**Локализация взрывов** на угольных шахтах сейчас осуществляется с использованием пассивных водяных и сланцевых заслонов и появившихся в последнее время автоматических систем локализации взрывов. Если сланцевые заслоны эффективно работают при скорости распространения пламени до 200 м/с, а водяные – до 280 м/с при количестве инертной пыли или воды в заслоне не менее 400 кг (л) на 1 м<sup>2</sup> площади сечения выработки в свету, то автоматические системы локализации взрывов, например, АСВП-ЛВ, показали свою полную неэффективность [11]. Причина тому – отсутствие в России опытно-экспериментальной базы. Все испытания автоматических систем проводились в условиях, далеких от шахтных, и только на срабатывание. Все утверждения разработчиков о том, что взрывы газа и угольной пыли на шахтах «Томская», «Ульяновская», «Юбилейная» в Кузбассе и на шахтах «Комсомольская», «Воркутинская» в Воркуте были локализованы за автоматическими системами, при этом ни один человек за системами не погиб, а горные выработки и горношахтное оборудование не были разрушены, противоречат выводам экспертных комиссий по расследованию этих аварий. Поэтому единственной защитой горноспасателей



от воздействия взрывной волны в местах возведения взрывоустойчивых перемычек является разработка 80-х годов XX века – комплект противовзрывной быстровозводимый (КПБ), рассчитанный на небольшое избыточное давление во фронте взрывной волны – 0,05 МПа.

Дальнейшее развитие угольной промышленности идет в направлении разработки более глубоких горизонтов, применения более производительных технологий и механизмов с увеличивающейся их энерговооруженностью. Повышается интенсивность газо- и пылевыведения в шахтах, растет вероятность появления различных источников воспламенения, т. е. усиливаются факторы, способствующие возникновению взрывов. Все это вызывает необходимость совершенствовать весь комплекс взрывозащиты угольных шахт, в том числе и средств локализации взрывов (вспышек) метана и угольной пыли.

**Единая методика расчета зон загазирования.** В настоящее время не существует какой-либо утвержденной методики, позволяющей определить масштабы загазирования горных выработок с целью расчета безопасных расстояний. Причем на разных этапах развития технологии подземных горных работ задание величины зоны загазирования осуществлялось в зависимости от сложности возникающих аварийных ситуаций.

Так, в методике А.М. Чеховских [12] было принято, что взрывается стехиометрическая (9,5 %) метановоздушная смесь, равномерно распределенная по длине и сечению выработки. Давление, сформировавшееся в зоне горения ударной волны, определяется по эмпирической кривой. Максимально возможное давление составляет 2,8 МПа. При этом предполагается отсутствие горючих компонентов (взрывчатых концентраций метана, угольной пыли и т. п.) в примыкающих к зоне загазирования горных выработках. В противном случае границей зоны горения считается конец последнего запыленного участка выработки. В методике В.М. Плотникова [13] также предполагался взрыв стехиометрической метановоздушной смеси, но с максимальным избыточным давлением 1,6 МПа. В случае участия во взрыве угольной пыли энергия взрыва увеличивалась в 1,3 раза. Величина зоны загазирования по сравнению с прежней методикой увеличивалась за счет включения в нее всех пустот и куполов горных выработок, попадающих в эту зону. Для лавы в этот объем включалась и часть выработанного необрушенного пространства. В результате объем загазирования лавы увеличивался в 1,5 раза, для труднообрушае-

мых кровель – в 2 раза.

Поскольку такие упрощенные рекомендации определения зоны загазирования при ликвидации сложных аварий не всегда давали верные результаты, в действующей «Методике газодинамического расчета параметров воздушных ударных волн при взрывах газа и пыли» [14] было решено не приводить рекомендации такого рода. Задание объема взрывоопасной смеси рекомендовано проводить по результатам анализа места расположения возможного очага взрыва (горная выработка или выработанное пространство) и топологии сопредельных с местом взрыва действующих, изолированных или погашенных горных выработок и выработанных пространств. Затем корректировать объем взрывоопасной смеси в сторону его увеличения. В результате задание зоны загазирования перед расчетом взрывобезопасных расстояний превращается в решение довольно сложной инженерной задачи, требующей знания состояния горных выработок, вентиляционных и изолирующих сооружений на момент ликвидации аварии и дебит метана из различных источников газового баланса аварийного участка (шахты).

Для того чтобы горноспасатели имели четко прописанные методы задания начального объема горючей смеси, принявшей участие во взрыве, необходима разработка «Единой методики расчета зон загазирования», которая должна быть дополнением к действующей методике [14]. Впервые необходимость в разработке такой методики возникла после аварии на филиале «Шахта «Есаульская» ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» 09.02.2005 [15].

**Расчет перемычек.** В связи с вводом в действие «Инструкции по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах» [16], изменился ранее существовавший порядок расчета параметров взрывоустойчивых изолирующих перемычек. Согласно упомянутой инструкции при обосновании конструкции, параметров и материала взрывоустойчивых перемычек следует учитывать все факторы, влияющие на силу взрыва, который может произойти в изолированном пространстве: объем и концентрацию метана, наличие угольной пыли, топологию сети горных выработок и наличие в них средств, снижающих воздействие на перемычку ударно-воздушной волны. Из-за отсутствия расчетных методов, позволяющих правильно учесть все эти факторы, горноспасателям временно рекомендовали принимать за взрывоопасный объем весь максимальный объем горных выработок, подлежащих

изоляции [15]. В результате расчетная толщина взрывоустойчивых перемычек сразу увеличилась до десятков метров.

В инструкции [16] отсутствуют рекомендации по определению величины коэффициента динамичности, влияющего на увеличение толщины взрывоустойчивой перемычки, и нечетко прописаны случаи, когда он должен применяться. Это внесло путаницу в понимание процесса взаимодействия ударной волны с взрывоустойчивой перемычкой и неправильное применение расчетных формул. В результате приказом Ростехнадзора от 08.08.2017 N 303 толщина взрывоустойчивых перемычек без всяких объяснений была ограничена диапазоном 2 -5 м.

**Расчет аварийных режимов проветривания шахт и рудников.** При возникновении аварии должен устанавливаться режим проветривания в соответствии с планом ликвидации аварии, в последующие периоды – режимы вентиляции, предусмотренные мероприятиями оперативных планов. Эти режимы должны обеспечивать условия для снижения активности пожара, сокращения зоны поражения, спасения находящихся в этой зоне людей, ликвидации аварии и ее последствий. Грамотно выбранный аварийный режим всегда содействует успеху спасательных операций. Применяемые на шахтах и рудниках программные комплексы [9, 17] позволяют с большой точностью рассчитывать сложные аварийные режимы проветривания, заранее оценивать и прогнозировать последствия возможных аварий и принимаемых решений при условии корректного задания источников тяги, аэродинамических характеристик горных выработок, состояния вентиляционных и изолирующих сооружений. Однако в последнее время снизилась исполнительская дисциплина при проведении депрессионных съемок, осуществлении реверсивных режимов и поддержании в актуальном состоянии математических моделей проветривания шахт и рудников. В результате расчет аварийных режимов проветривания, как и расчет безопасных расстояний, иногда становится некорректным со всеми вытекающими из этого негативными последствиями.

**Организация научно-исследовательского института,** компетенции которого должны распространяться на решение всего комплекса горноспасательных проблем, стоит в повестке дня с 2010 года – с момента вхождения ВГСЧ угольной промышленности в систему МЧС Российской Федерации. К сожалению, этот вопрос не решен до сих пор. Используемые в настоящее время в ВГСЧ средства и способы ликви-

дации аварий были разработаны еще в советское время под существующие на тот момент технологии угледобычи. Однако эти технологии с тех пор существенно изменились. Изменились геомеханические и аэрогазодинамические подходы при проектировании новых шахт. Появились лавы протяженностью 400 м с нагрузкой на очистной забой до 25 тыс. тонн в сутки и более и интенсивным выделением угольной пыли, которая разносится вентиляционной струей по сети горных выработок на значительные расстояния. Взрывы метана и угольной пыли стали перерастать в катастрофы, при ликвидации которых гибли горноспасатели, что говорит о неготовности ВГСЧ к ликвидации подобного рода аварий. Уже давно необходима серьезная корректировка существующих и разработка новых способов и средств ликвидации практически всех видов аварий. Так, возросшие размеры выработанных пространств превратили их в источник опасных загазований даже при кратковременном нарушении вентиляции. Изменились и условия формирования очагов эндогенных пожаров, затруднилось их обнаружение и тушение. Резко возросли и финансовые потери при вынужденной изоляции дорогостоящих очистных комплексов.

Отсутствие экспериментальной базы в ВГСЧ затрудняет, а в некоторых случаях делает невозможной, разработку новых методов расчета сложных физических процессов, происходящих при подземных авариях. По этой же причине затруднена разработка и нормативно-правовой документации, регламентирующей ликвидацию аварий при изменившейся технологии угледобычи. Положение усугубляется разрозненностью и крайней малочисленностью коллективов, занимающихся горноспасательной тематикой и отсутствием координирующей организации, способной придать всем разработкам системную направленность и давать им квалифицированную оценку. Такой организацией мог бы стать будущий научно-исследовательский институт.

**Заключение.** Анализ последних крупных аварий, перераставших в катастрофы, показал, что их предпосылки стали формироваться уже в процессе нормального ведения горных работ, когда выработанные пространства стали не только источником опасных загазований, но и источником воспламенений, а мелкодисперсная, наиболее взрывоопасная, угольная пыль стала переноситься на большие расстояния и накапливаться на стенках горных выработок. Значительно усложнилось управление вентиляцией шахты при аварии, осложненной взрывами. Поэтому на первый план должно выходить прогнозирование

зарождающихся аварий и блокирование предпосылок их наступления.

С возрастанием скорости подвигания очистных забоев напряжения в горном массиве стали перераспределяться более активно, возросли взаимосвязанность и тяжесть опасных проявлений. Если раньше основную угрозу представляли экзогенные и эндогенные пожары, внезапные выбросы метана, то сейчас основную угрозу представляют взрывы угольной пыли. В

результате многие расчетные методики, способы и средства ликвидации аварий, применяемые ВГСЧ, устарели и перестали соответствовать условиям ведения горноспасательных работ. Ликвидация возникшего несоответствия между усложнившимися условиями ведения горноспасательных работ и снижением эффективности действий горноспасателей возможна только в результате восстановления научной и экспериментальной базы ВГСЧ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Engelke R., Sheffield S.A. Initiation and Propagation of Detonation in Condensed-Phase High Explosives // High-Pressure Shock Compression of Solids III. — New York: Springer-Verlag Inc. — 1998.
2. Dremin A.N. Toward Detonation Theory. — New York: Springer-Verlag Inc., 1999.
3. Mallard E., Le Chatelier H. Sur les vitesses de propagation de l'inflammation dans les mélanges gazeux explosifs // Comptes Rendus de l'Academie des Sciences — Paris, 1881. — Т. 93. — Pp.145–148.
4. Mallard E. De la vitesse avec laquelle se propage l'inflammation dans un mélange d'air at de grisou // Annales des mines. — 1875 — 7-e Ser. — Т. 7. — Pp. 355–381.
5. Berthelot M. Sur la vitesse de propagation des phénomènes explosifs dans les gaz // Comptes Rendus de l'Academie des Sciences — Paris, 1881. — Т. 93. — Pp. 18–22.
6. Manson N. Historique de la decouverte de l'onde de detonation // Journal de Physique. —1987. — Colloque C4, supplément au № 9. — Т. 48. — Pp. 7–37.
7. Домрачев А.Н. Методология анализа и оценки риска при ведении аварийно-спасательных работ на горных предприятиях / А.Н. Домрачев, В.Г. Криволапов, Ю.М. Говорухин А.В. Масленков. — Кемерово: Кузбассвуиздат, 2013. — 185 с.
8. Домрачев А.Н. Использование аппарата нейронных сетей и нечеткой логики при оценке вероятности взрыва пылеметановоздушной смеси / А.Н. Домрачев, Д.Ю. Палеев, Ю.М. Говорухин В.Г. Криволапов, В.И. Липатин // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности — 2014. — № 1. — С. 37–39.
9. Палеев Д.Ю. Компьютерные технологии для решения задач плана ликвидации аварий / Д.Ю. Палеев О.Ю. Лукашов, В.Н. Костеренко, А.Н. Тимченко, И.М. Васенин, Э.Р. Шрагер, А.Ю. Крайнов. — М.: Издательство «Горное дело» ООО «Кимерийский центр», 2011. — 160 с.
10. Палеев Д.Ю. Совершенствование подготовки планов ликвидации аварий с использованием программных комплексов «Вентиляция», «Ударная волна» и «Водоснабжение» / Д.Ю. Палеев, О.Ю. Лукашов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2013. — № 56. — С. 227–237.
11. Палеев Д.Ю. Анализ действующих в угольных шахтах систем локализации взрывов // В сборнике: Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции, научное электронное издание; Институт угля СО РАН. — 2014. — С. 77–80.
12. Устав ВГСЧ по организации и ведению горноспасательных работ. — М.: Недра, 1986. — 254 с.
13. Устав воензированной горноспасательной части (ВГСЧ) по организации и ведению горноспасательных работ на предприятиях угольной и сланцевой промышленности. — М., 1997. — 201 с.
14. Палеев Д.Ю. Ударные волны при взрывах в угольных шахтах / Д.Ю. Палеев, И.М. Васенин, В.Н. Костеренко, Э.Р. Шрагер, А.Ю. Крайнов, О.Ю. Лукашов, Ю.Ф. Руденко. — М.: Издательство «Горное дело» ООО «Кимерийский центр», 2011. — 312 с.
15. Акт расследования аварии с групповым несчастным случаем со смертельным исходом, происшедшем на филиале «Шахта «Есаульская» ОАО «ОУК «Южжубассуголь» 09.02.2005. Том 1.
16. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах», утвержденная Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 24.11.2014 № 530 (Зарегистрировано Минюстом России 09.02.2015, рег. № 35926).
17. Казаков Б.П. Разработка программно-вычислительного комплекса «Аэросеть» для расчета вентиляционных сетей шахт и рудников / Б.П. Казаков, Ю.В. Круглов, А.Г. Исаевич, Л.Ю. Левин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2006. — Аэрология. — С. 21–33.

#### REFERENCES

1. Engelke, R., & Sheffield, S.A. (1998). Initiation and Propagation of Detonation in Condensed-Phase High Explosives. *High-Pressure Shock Compression of Solids III*.
2. Dremin, A.N. (1999). *Toward Detonation Theory*. New York: Springer-Verlag Inc.
3. Mallard, E., & Le Chatelier, H. (1881). Sur les vitesses de propagation de l'inflammation dans les mélanges gazeux explosifs. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, 93, 145–148.
4. Mallard, E. (1875). De la vitesse avec laquelle se propage l'inflammation dans un mélange d'air at de grisou. *Annales des mines*, 7-e Ser., 7, 355–381.
5. Berthelot, M. (1881). Sur la vitesse de propagation des phénomènes explosifs dans les gaz // *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, 93, 18–22.
6. Manson, N. (1987). Historique de la decouverte de l'onde de detonation. *Journal de Physique. Colloque C4, supplément*

- au № 9, 48, 7–37.
7. Domrachev, A.N., Krivolapov, V.G., Govorukhin, Yu.M., & Maslenkov, A.V. (2013). *Metodologia analiza i otsenki riska pri vedenii avarino-spasatelnykh работ na gornykh predpriyatiakh [Methodology for analysis and risk assessment in emergency rescue operations at mining enterprises]*. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat [in Russian].
  8. Domrachev, A.N., Paleev, D.Yu., Govorukhin, Yu.M., Krivolapov, V.G., & Lipatin, V.I. (2014). Ispolzovanie apparata neironnykh setei i nechetkoi logiki pri otsenke veroiatnosti vzryva pylemetanovozdushnoi smesi [Using the neural network apparatus and fuzzy logic in assessing the dust-methane-air mixture explosion probability]. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti работ v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 1*, 37-39 [in Russian].
  9. Paleev, D.Yu., Lukashev, O.Yu., Kosterenko, V.N., Timchenko, A.N., Vasenin, I.M., Shrager, E.R., & Krainov, A.Yu. (2011). *Kompiuternyie tekhnologii dlia reshenia zadach plana likvidatsii avarii [Computer technology to solve the accident elimination plan problems]*. Moscow: Gornoe delo [in Russian].
  10. Paleev, D.Yu., & Lukashev, O.Yu. (2013). Sovershenstvovanie podgotovki planov likvidatsii avarii s ispolzovaniem programmnykh kompleksov «Ventiliatsiia», «Udarnaia volna» i «Vodosnabzhenie» [Improving the preparation of emergency response plans using the Ventilation, Shock Wave and Water Supply software systems]. *Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin, 56*, 227 - 237 [in Russian].
  11. Paleev, D.Yu. (2014). Analiz deystvuiushchikh v ugolnykh shakhtakh sistem lokalizatsii vzryvov [Analysis of the systems for localizing explosions operating in coal mines]. *Energeticheskaya bezopasnost Rossii. Novyie podkhody k razvitiuu ugolnoi promyshlennosti. Sbornik trudov XVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii - Energy Security of Russia. New approaches to the development of the coal industry. Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference, Institute of Coal, RAS* [in Russian].
  12. *Ustav VGsCh po organizatsii i vedeniu gornospasatelnykh работ [VGsCh Regulation for the organization and conduct of mine rescue operations]*. Moscow: Nedra (1986) [in Russian].
  13. *Ustav voyenizirovannoi gornospasatel'noy chasti (VGsCh) po organizatsii i vedeniu gornospasatelnykh работ na predpriyatiakh ugolnoi i slantsevoi promyshlennosti [Regulation of the paramilitary mine rescue unit (VGsCh) on the organization and conduct of mine rescue operations at the enterprises of the coal and shale industry]*. Moscow, 1997 [in Russian].
  14. Paleev, D.Yu., Vasenin, I.M., Kosterenko, V.N., Shrager, E.R., Krainov, A.Yu., Lukashev, O.Yu., & Rudenko, Yu.F. (2011). *Udarnyie volny pri vzryvakh v ugolnykh shakhtakh [Shock waves in coal mine explosions]*. Moscow: Gornoe delo [in Russian].
  15. *Akt rassledovaniia avarii s gruppovym neschastnym sluchayem so smertelnym iskhodom, proisshehdshem na filiale «Shakhta «Yesaulskaia» OAO «OUK «Yuzhkuzbassugol» 09.02.2005. Tom 1 [The investigation act of an accident with a group fatal case that occurred at the Esaulskaya mine branch of OAO OUK Yuzhkuzbassugol on 02/09/2005. Volume 1]* [in Russian].
  16. *Federalnyie normy i pravila v oblasti promyshlennoi bezopasnosti «Instruktsia po izoliatsii neispolzuyemykh gornykh vyrabotok i vyrabotannykh prostranstv v ugolnykh shakhtakh», utverzhdenaia Prikazom Federalnoi sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 24.11.2014 № 530 (Zaregistrirvano Miniustom Rossii 09.02.2015, reg. № 35926)*. [Federal norms and rules in the field of industrial safety "Instructions for the isolation of unused mine openings and mined spaces in coal mines", approved by Order of the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision of 11.24.2014 No. 530 (Registered by the Ministry of Justice of Russia on 09.02.2015, reg. No. 35926)]. [in Russian].
  17. Kazakov, B.P., Kruglov, Yu.V., Isaevich, A.G., & Levin, L.Yu. (2006). Razrabotka programmno-vychislitelnogo kompleksa «Aeroset» dlia rascheta ventilyatsionnykh setei shakht i rudnikov [Development of the Aeroset software complex for coal and ore mines ventilation networks calculation]. *Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin, Aerology, 21-33* [in Russian].



# ИЗСТ-01

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЗАПЫЛЕННОСТИ СТАЦИОНАРНЫЙ

ООО "Горный-ЦОТ"

indsafe.ru



■ **А.С. Ярош // A.S.Yaroch**  
rosniigdbuh@mail.ru

канд. техн. наук, академик МАНЭБ,  
генеральный директор ООО "НИИ  
Горного Дела", 650002, Россия,  
г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1  
candidate of technical sciences,  
academician of MANEB, general director  
of LLC "Research Institute of Mining",  
650002, Russia, Kemerovo, Sosnovy  
Boulevard, 1

УДК 614.8:622:658.3

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ АВАРИИ «ПОЖАР-ВЗРЫВ» НА УГОЛЬНОЙ ШАХТЕ

## QUANTITATIVE METHOD OF ASSESSMENT OF MULTIFUNCTIONAL LIFE SUPPORT SYSTEM OF WORKERS IN THE LOCALIZATION AND LIQUIDATION OF THE ACCIDENT "FIRE-EXPLOSION" IN THE COAL MINE

*В статье приведен количественный метод оценки многофункциональной системы жизнеобеспечения работников (МФСЖА) при локализации и ликвидации аварии «пожар-взрыв» на угольной шахте. Дана количественная оценка технологической, технической и организационной подсистем МФСЖА. Рассчитаны индексные показатели альтернативных вариантов МФСЖА. Показано значение синергетического взаимодействия и его количественная оценка – коэффициентом синергетического взаимодействия. Доказывается необходимость проведения количественных оценок многофункциональных систем жизнеобеспечения работников, при возможных авариях «пожар-взрыв» на угольной шахте, для разработки мероприятий к плану ликвидации аварий.*

*The article presents a quantitative evaluation method of multifunctional life support systems workers (MFSA) in the localization and elimination of accident "fire-burst" in a coal mine. A quantitative assessment of the technological, technical and organizational subsystems MFSA. The index indicators of alternative options of IFAS are calculated. The value of synergetic interaction and its quantitative assessment by the coefficient of synergetic interaction are shown. The necessity of quantitative assessments of multifunctional life support systems of workers, in case of possible accidents "fire-explosion" at the coal mine, for the development of measures to the plan of liquidation of accidents is proved.*

**Ключевые слова:** СИСТЕМА, ПОДСИСТЕМА, ТЕХНОЛОГИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫЙ ЦИКЛ.

**Key words:** SYSTEM, SUBSYSTEM, TECHNOLOGY, TECHNICAL EQUIPMENT, ORGANIZATION, COEFFICIENT OF SYNERGETIC INTERACTION, MINE RESCUE CYCLE.

Оценка сложных систем и ее элементов достаточно трудоемкая процедура, требующая значительного количества времени, работы экспертов, а также применения различных методов оценок. Данный аспект достаточно полно раскрыт в публикациях по алгоритмам системного анализа рядом ученых: Перегудовым Ф.И., Тарасенко Ф.П. [1], [2], Буториным В.К., Ткаченко А.Н., Шипиловым С.А. [3], Беловым П.Г. [4] и др. Однако вопрос оценки многофункциональных систем жизнеобеспе-

чения (МФСЖА) при авариях на угольных шахт освещен недостаточно.

Методологии оценки систем безопасности в горном производстве в последнее время придается важное значение, что подтверждается публикациями ведущих специалистов и ученых по безопасности в угольной отрасли России: Артемьевым В.Б., Лисовским В.В., Циношкиным Г.М. [5, С.71], Лисовским В.В., Ивановым Ю.М., Ворошиловым А.С., Седелниковым Г.Е., Ли Хи Ун [6, С.41], Ютяевым Е.П. [7, С.20] и др.

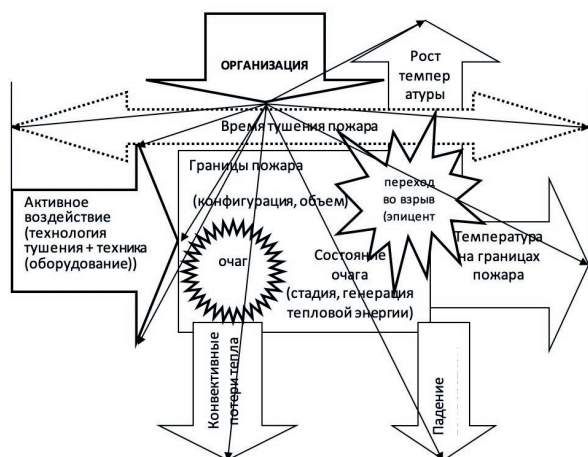


Рисунок 1. Основной элемент «организация» МЧСЖА во взаимодействии с базовыми элементами «технология-техника» при локализации и ликвидации эндогенного пожара осложненного взрывом метановоздушной смеси в угольных шахтах  
 Figure 1. The main element of the "organization" IFJA in collaboration with the basic elements of "technology-technology" in the localization and elimination of an endogenous fire complicated by the explosion of methane-air mixture in coal mines

Схема подсистем МЧСЖА во взаимодействии при локализации и ликвидации эндогенного пожара, осложненного взрывом метановоздушной смеси в угольных шахтах, представлена на рисунке 1.

На рисунке 1 показано присутствие фактора «организации» в любом элементе, по простой причине, что в элементе организация, одна из главных ролей принадлежит исполнителю - «горноспасателю», или работникам шахты, а они в принципе, прямо или косвенно, влияют на все технологические и технические элементы локализации и ликвидации аварии за исключением самих факторов «форс-мажора» – непреодолимой силы – внезапного возникновения пожара или взрыва и принимают их апостериори (постфактум).

В.А. Горбатов и другие утверждают, что локализация эндогенных пожаров, как новое направление борьбы с самовозгоранием угля на действующих выемочных полях, сформировалось в 70-х годах XX века. Задачей локализации пожаров, обнаруженных по результатам контрольных наблюдений, является предотвращение роста температуры в очаге при одновременном ограждении действующих выработок и очистных забоев от проникновения в них тепла, а также горючих и токсичных газов. Стадийность и большая продолжительность процесса самовозгорания угля делают возможным действие на очаг при его неизвестном местонахождении. Рост температуры можно приостановить на лю-

бой стадии пожара за счет снижения концентрации кислорода в выработанном пространстве при прямой или косвенной инертизации. Первое направление широко реализовано в Германии, второе в России [8, С.18].

В начале 80-х годов на шахтах Кузбасса испытаны новые способы и средства профилактики, локализации и тушения и тушения эндогенных пожаров, основанные на подаче в выработанное пространство водовоздушной и инертной пены, вспененной глинистой пульпы, жидкого и твердого аэрозоля. Практика применения новых способов показала их высокую эффективность и целесообразность широкого внедрения, которые подробно описаны в источнике [9].

Линеденау Н.И., В.М.Маевская, В.Ф.Крылов классифицируют способы тушения подземных пожаров на три основные группы: активные, пассивные и комбинированные [10, С.280]. Комбинированный и пассивный способы применимы в случае быстрого распространения пожара, угрозы взрыва или невозможности активного тушения, и освещены в ряде публикаций [11],[12],[13],[14].

Широко распространены технологии торможения процесса самовозгорания угля, и подавления очагов пожара воздействием пен и суспензий, что раскрыто в источнике [9].

Различные схемы тушения пожаров имеют один важный показатель – эффект теплосъема [9, С.9] и он зависит от теплоемкости, плотности и других свойств средства тушения. На основе проведенных расчетов получена укрупненная оценка технологических схем по виду применяемого средства тушения - хладагента, при прочих равных условиях, результаты приведены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 позволяет сделать однозначный вывод, что при прочих равных условиях технологии тушения пожаров могут быть оценены дифференциальными уравнениями, характеризующими зависимость температур сред (пожара и хладагента) и временем тушения в которых, чем меньше коэффициент пропорциональности ( $k$ ), тем меньше время ( $t$ ) тушения.

Можно утверждать, что элемент «технология» оцениваемый временем тушения пожара ( $t$ ) в МЧСЖА является одним из основных, тем более, что может применен комплекс технологий.

Второй аспект, согласно рисунка 1, при тушении пожара определяется техническим оснащением отделений ВГСЧ, а более проще – техникой, с ее производительностью, мощностью,

Таблица 1 Сравнение технологий тушения при различных хладагентах  
Table 1 Comparison of extinguishing technologies for different refrigerants

Технология (хладагент)	Дифференциальное уравнение	Коэффициент пропорциональности	Константа	Время тушения, до 25°C ч	Соотношение технологий по времени
жидкий азот	$\frac{dy}{y-10} = -kdt$	$k = \frac{1}{1200} \ln \frac{1}{21}$	$C = 690$	$t = 945,6$	1,091
суспензия глина	$\frac{dy}{y-15} = -kdt$	$k = \frac{1}{1200} \ln \frac{5}{137}$	$C = 685$	$t = 1310$	1,513
вода	$\frac{dy}{y-20} = -kdt$	$k = \frac{1}{1200} \ln \frac{1}{34}$	$C = 680$	$t = 866$	1

мобильностью, управляемостью, надежностью и др. характеристиками. На современном этапе используются самоходные азотные станции для пожаротушения с производительностью от 180 до 2100 м<sup>3</sup>/ч азота следовательно, соотношение технических средств пожаротушения находится в широком диапазоне, примерно 1: 11,7.

Оценка третьего элемента МФСЖА – **организация**, приведена по четырем альтернативным вариантам развертывания действий отделений ВГСЧ при тушении пожара и транспорта пострадавших шахтеров из наихудшей позиции (дальней) на условном очистном участке, с учетом максимальных коэффициентов по углу наклона -1,54, и на отдых -1,1 согласно [15], см.табл. 2.

Анализируя таблицу 2, видно, что спасение пострадавшего в случае пожара из очистного забоя при средних нормированных условиях (**математическое ожидание**) отделением ВГСЧ, без применения, специального мобильного транспортного средства, с учетом «золотого часа» - маловероятно, что доказывалось в публикациях [16], [17].

**При аварии массового взрыва**, параметр времени резко увеличивается, т.к. спуск работников ВГСЧ в шахту разрешается не менее чем через 1 час, а направление в горные выработки массового взрыва не ранее чем через 2 часа после взрыва. Однако, даже после этого времени отделения ВГСЧ, должны действовать оперативно при движении к месту аварии, т.к. могут быть пострадавшие (включенные в само-спасатели) находящиеся в камерах, тупиках и других местах, куда взрывная волна пришла ослабленной. Кроме того есть инновационные предложения по повышению эффективности спасения пострадавших при авариях в шахтах отраженные в источниках [18],[19],[20],[21],[22].

Резюмируем: основным показателем элемента организации МФСЖА является, **время ликвидации аварии**, и по всей вероятности от времени **воздействия поражающих фак-**

**торов**, на коммуникации опасных производственных объектов и персонал, будет зависеть тяжесть последствий. Относительно взрыва метана, **время** не главный фактор – он уже произошел мгновенно, главный фактор – мощность и масштабы взрыва, параметры ударной волны, которые определяются рядом физико-химических параметров метановоздушной смеси и протеканием реакции ее горения.

На основе вышеприведенных положений определяется: «основная организационная функция МФСЖА направлена на минимизацию времени горноспасательного цикла ( $T_{зч}$ ), при соблюдении требований устава, с главной целью – спасение жизни пострадавших ( $N_0 \rightarrow 0$ ) и минимизация материальных затрат ( $Z_M \rightarrow min$ ), что определяется следующим выражениями:

$$T_{зч} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 \rightarrow min, \quad (1)$$

$$T_{зч} \rightarrow 0 \Rightarrow N_0 \rightarrow 0; Z_M \rightarrow min, \quad (2)$$

$N_0$  число смертельно травмированных, чел  
 $Z_M$  материальные затраты, р

Методам количественной оценки и квалиметрии<sup>1</sup> различных процессов и операций, и принятия на их основе управленческих решений, посвящен ряд трудов: [23], [24], [25],[26],[28] и др. На основе их общих теоретических положениях, проведем **количественную оценку** элементов МФСЖА с вычислением относительных коэффициентов и коэффициентов значимости элементов системы, см. таблицу 3.

Рассмотрено три альтернативных систем МФСЖА при произвольном выборе основных показателей из совокупности элементов системы ( $\Pi_i$ ): технологий, техники и организации (альтернативный вариант № 4 не учитывается, ввиду явного проигрыша – передвижения пешком).

Для сравнения альтернативных МФСЖА, их необходимо привести к сопоставимому виду, в нашем случае – определяем относительные коэффициенты показателей подсистем ( $\Pi_i$ ), в виде –  $\alpha_i$ , и присваиваем им на экспертной основе

<sup>1</sup> Квалиметрия – область науки изучающая различные методы количественной оценки качества. Булыко А.Н. Современный словарь иностранных слов. М., 2005. С.318

Таблица 2 Нормированный расчет времени спасения пострадавшего из очистного забоя отделением ВГСЧ при средних условиях  
 Table 2 Normalized calculation of the time of rescue of the victim from the treatment face by the HCV Department under average conditions

Основные показатели времени развертывания отделений ВГСЧ при аварии	Вариант №1 монорельс (время, с)	Вариант №2 электро- возный транспорт (время, с)	Вариант №3 специальный мобильный колесный транспорт (время, с)	Вариант №4 транспорт поврежден - движение пешком (время, с)
1.Получение сообщения об аварии и включение сигнала ( $t_1$ )	5	5	5	5
2. Выезд отделений из гаража по сигналу «Тревога» ( $t_2$ )	120	120	120	120
3.Время в пути на автомобиле пожарного оборудования (АПО) до командного пункта (КП) по ликвидации аварии ( $L=const=20$ км, $v=const=70$ км/ч) ( $t_3$ )	1029	1029	1029	1029
4.Старший работник ВГСЧ принимает обязанности руководителя горноспасательных работ (РГСР) и получает задание от руководителя ликвидации аварии(РЛА), ( $t_4$ )	300	300	300	300
5.Выдача РГСР командам отделений микросхем и заданий, ( $t_5$ )	300	300	300	300
6.Движение отделения вперед по путевому бремсбергу в пригодной для дыхания атмосфере при различных видах транспорта $L=const=3$ км, $v=var$ , ( $t_6$ )	монорельс, согласно ПБ максимальная 20 км/ч 540 с	электровоз 20 км/ч 540с	колесный мобильный 20 км/ч 540с	пешком 3км/ч 3600
7.Движение отделения по вент. штреку (туда -обратно) в непригодной для дыхания атмосфере при отключении электроэнергии $L=const=1$ км, $v=const=3$ км/ч, ( $t_7$ )	пешком 1200x1,64=1968с при наличии запаса дыхательной смеси в низ 2/3 на возвращение вверх 1/2 на	пешком 1200 x1,64=1968с	специальный мобильный транспорт минимальная скорость 7км/ч 514с	пешком 1200 x1,64=1968с
7.Оказание первой помощи пострадавшему с признаками жизни и его эвакуация из лавы, ( $t_8$ )	180	180	180	180
8. Движение отделения назад по маршруту в пригодной для дыхания атмосфере при различных видах транспорта $L=const=3$ км, $v=var$ , ( $t_9$ )	монорельс, согласно ограничений ПБ максимальная 20 км/ч 540 с	электровоз 20 км/ч 540с	колесный мобильный 20 км/ч 540с	пешком 3км/ч 3600x1,64=5904с
Примечание : возможно увеличение скорости на 25% до сработки системы аварийного отключения	25 км /ч 405 с	25 км /ч 405 с	25 км /ч 405 с	возможно снижение при меньших углах наклона, но с учетом коэффициента -1,1(отдых)
Примечание : возможен пересмотр скорости движения транспортных средств используемых ВГСЧ (при согласовании с Ростехнадзором в исключительных случаях, в капитальных горных выработках)	предел 30 км/ч 432 с	предел 40 км/ч 309с	до 50 км/ч 216с	



Основные показатели времени развертывания отделений ВГСЧ при аварии	Вариант №1 монорельс (время, с)	Вариант №2 электро- возный транспорт (время, с)	Вариант №3 специальный мобильный колесный транспорт (время, с)	Вариант №4 транспорт поврежден - движение пешком (время, с)
Примечание :возможно радикальное снижение скорости движения от сложности аварии и увеличение времени	+ в разы/ порядки	+ в разы порядки	+в разы/ порядки	+в разы/ порядки
Затраты времени по вариантам на маршрут (цикл) отделения ВГСЧ при эвакуации пострадавшего строго в рамках по ПБ	4982	4982	3528	12638
При действии на пределе срабатывания датчика скорости (25%)	4847	4847	3393	-
При возможности пересмотра Ростехнадзором скорости движения транспортных средств по капитальным горным выработкам в исключительных случаях	4667	4712	3206	
Резюме: в аспекте «золотого часа» ( $t_{30}$ )	не вложился (-1067=30 минут)	не вложился (-1112=31 минута)	вложился с резервом (+ 6,5 минут)	перекрывает «золотой час» в 3,51 раза

Таблица 3 Интегральная методика оценки МФСЖА на угольных шахтах  
Table 3 Integrated methodology for evaluating IFAS in coal mines

Характеристика подсистемы	Вариант системы											
	МФСЖА 1				МФСЖА 2				МФСЖА 3			
	$\Pi_i$	$\alpha_i$	$b_i$	$\Pi_i \alpha_i b_i$	$\Pi_i$	$\alpha_i$	$b_i$	$\Pi_i \alpha_i b_i$	$\Pi_i$	$\alpha_i$	$b_i$	$\Pi_i \alpha_i b_i$
Технология (время тушения), (t) сутки	946	0,915	0,9	0,8235	1310	0,661	0,9	0,5949	866	1	0,9	0,9
Техника (производительность), (P) м <sup>3</sup> /ч	2100	1	0,95	0,95	960	0,457	0,95	0,43415	1200	0,571	0,95	0,8683
Организация, (время горноспасательного цикла), $T_{гц}$ (с)	4982	0,708	1	0,708	4982	0,708	1	0,708	3528	1	1	1
Количественная оценка системы с учетом коэффициента значимости	$\sum_i^n \Pi_i \alpha_i b_i$			<b>2,482</b>	$\sum_i^n \Pi_i \alpha_i b_i$			<b>1,737</b>	$\sum_i^n \Pi_i \alpha_i b_i$			<b>2,768</b>

коэффициенты значимости -  $b_i$ . Действуем по правилу: «лучший показатель – индекс равен –1». Допускаем, что индексы равные 1, могут присваиваться двум подсистемам, если они равны, что отражает таблица 3.

При расчетах определено, что лучшей является схема МФСЖА с использованием специального мобильного транспортного средства ВГСЧ, которое может передвигаться автономно, даже при отключении электроэнергии и повреждениях в горных выработках. В среднем места альтернативных МФСЖА распределены как – 1: 2: 3 или 2,768: 2,482 : 1,737 или 100% : 90% : 63%.

При расчетах определено, что лучшей является схема МФСЖА с использованием специального мобильного транспортного средства

ВГСЧ, которое может передвигаться автономно, даже при отключении электроэнергии и повреждениях в горных выработках. В среднем места альтернативных МФСЖА распределены как – 1: 2: 3 или 2,768: 2,482 : 1,737 или 100% : 90% : 63%.

Данный методический подход оценки МФСЖА дает оценку типичных систем жизнеобеспечения в нормируемых условиях, а на основе конкретизации данных и поставленных задач для элементарных оценок подсистем МФСЖА, что позволяет проводить **превентивную (прогнозную)** оценку МФСЖА любых структур. На основе чего можно делать альтернативный выбор разработки мероприятий и действий к ПЛА и горноспасательных работ. Но **действительную оценку МФСЖА** можно дать только после лик-

видации аварии.

Математически оценку МФСЖА в аспекте потенциала взаимодействия ее подсистем ( $P_{\text{МФСЖА}}$ ), можно представить выражением (3):

$$P_{\text{МФСЖА}} = k_s \sum_i^n \Pi_i \alpha_i b_i \rightarrow \max, \quad (3)$$

где ( $\Pi_i$ ) –показателей элемента системы ( $\Pi_i$ );  $\alpha_i$ - относительные коэффициенты показателей подсистем;  $b_i$ - коэффициенты значимости под-

систем;  $k_s$ - коэффициент синергетического взаимодействия подсистем МФСЖА,  $k_s < 0 \div 1$  – отрицательная синергетика, неэффективное взаимодействие,  $k_s > 1$  – положительная синергетика, эффективное взаимодействие,  $k_s = 1$  – система работает в нормальном режиме. Повышение коэффициента синергетического взаимодействия является основной задачей РГСР.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа: [Текст]/Учеб. 3-е изд. –Томск: Изд.- во НТЛ, 2001. – 396с.
2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ: [Текст]/Учебное пособие для вузов.-М.:Высш. шк.,1989.-367с.
3. Буторин В.К. Прикладной системный анализ: концептуальный подход [Текст]/ Буторин В.К., А.Н. Ткаченко, С.А.Шипилов.- Кемерово; М.: Издательское объединение «Российские университеты»: «Кузбассвуиздат: АСШТ»,2006.-323с.
4. Белов П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений / П.Г.Белов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003.–512с.
5. Артемьевым В.Б., Лисовским В.В., Циношкин Г.М.// СУЭК на пути к «нулевому травматизму»// Уголь.- № 12-2018- С.71
6. Лисовский В.В., Иванов Ю.М., Ворошилов А.С., Седельников Г.Е. Ли Хи Ун. Практическое использование методики количественной оценки рисков травматизма «Вероятность-Вред-Риск»(ВВР) на примере АО «СУЭК-Кузбасс»//Уголь.- №12-2018.-С.41
7. Ютяев Е.П., Иванов Ю.М. Управление рисками на опасном производственном объекте «шахта-лава»// Уголь.- №6-2018.-С.20
8. Горбатов В.А. Безопасность работ при локализации пожаров на склонных к самовозгоранию пластах угля/ В.А.Горбатов, И.М. Васенин, В.Г. Игишев. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2004. – 156 с.
9. Горбатов В.А., Игишев В.Г., Попов В.Б. Технологические схемы профилактики и тушения эндогенных пожаров в угольных шахтах/ В.А.Горбатов, В.Г. Игишев, В.Б. Попов и др.- Кемерово:Кузбассвуиздат,2002.-177 с.
10. Линеденау Н.И., В.М.Маевская, В.Ф.Крылов. Происхождение, профилактика и тушение эндогенных пожаров в угольных шахтах.М.: «Недра»,1977.- 320с.
11. Балтайтис В.Я. Тушение пожаров в угольных шахтах., М., «Госгортехиздат»,1961.-283с.
12. Печук И.М., Маевская В.М. Эндогенные пожары в Донецком бассейне. М., Углетехиздат , 1954.-270 с.
13. Соболев Г.Г. Горноспасательное дело.М., «Недра», 1972.-253 с.
14. Сухаревский В.М. Основные вопросы снижения пожарной опасности угольных шахт, М., 1964.- 199с.
15. Приказ МЧС РФ от 29 ноября 2012 г. № 707. Нормативы организации военизированных горноспасательных частей, находящихся в ведении Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.
16. Голик А.С., Ярош А.С., Муллоу А.Б., Измайлов И.Р., Малахов Ю.В., Галеев И.К., Попов Б.В., Кульмухаметов В.А., Петров С.А. Концепция единой системы спасения шахтеров (ЕССШ) при авариях и катастрофах в шахтах//Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. №2.- 2018,С.28-32
17. Ярош А.С., Малахов Ю.И. Бунин В.И. Обоснование разработки мобильного многофункционального горноспасательного комплекса с элементами роботизации для ликвидации последствий аварий в горных выработках шахт и рудников//Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. №3.-2017,С.46-50
18. Голик А.С., Муллоу А.Б., Попов В.Б., Ярош А.С., Зубарева В.А., Измайлов И.Р., Кульмухаметов В.А., Князева Г.И. Мобильный реаниматологический комплекс для оказания экстренной помощи пострадавшим при подземных авариях в шахтах//Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. №3-2018.-С.58-62
19. Голик А.С., Попов В.Б., Ярош А.С., Токарев О.С. Как сохранить жизнь шахтера в аварийных условиях шахты? // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. №3-2018.-С.63-68
20. Голик А.С., Галеев И.К., Муллоу А.Б. Мобильный подземный реаниматологический комплекс для спасения пострадавших при авариях в угольных шахтах//Безопасность жизнедеятельности. №1(193).-2017.-С.8-11
21. Голик А.С., Син А.Ф., Дингес В.Р. Безопасность жизнедеятельности горняков и горноспасателей при чрезвычайных ситуациях в угольных шахтах//ТЭК и ресурсы Кузбасса.-№1-2004.-С.47
22. Ледякин Е.С., Ярош А.С., Ли Хи Ун , Попов В.Б. Зависимость формирования опасной ситуации от наличия и полноты информации в процессе оперативных действий по ликвидации аварии// Безопасность труда в промышленности. №8-2016.-С.69-76
23. Райфа Г. Анализ решений (введение в проблему выбора в условиях неопределённости). Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М.,1977, 408 с.
24. Резниченко С.С., Подольский М.П., Ашихмин А.А.. Экономико-математические методы и моделирование в планировании и управлении горным производством: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1991.- 429с.
25. Резниченко С.С., Ашихмин А.А. Математические методы и моделирование в горной промышленности: Учеб. пособие.-2-е изд., стер.- М.: Издательство Московского государственного горного университета,2001.-404с.
26. Ломоносов Г.Г. Горная квалиметрия. Учеб. пособ. М.: Изд.-во Горная книга, Изд.-во МГГУ,2007 -201с.
27. Макаров И.М. Теория выбора и принятия решений. М.: Наука ,1987. модернизации в электроэнергетике Рос-

сии: Автореф. дис. докт. экон. наук.- Москва, 2011.-52с.

28. Кирилов В.И. Квалиметрия и системный анализ: учеб. пособие [Текст] / В.И. Кирилов. - 2-е изд., стер. - Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. - 440с.

#### REFERENCES

1. Peregodov F. I., Tarasenko F. P. the Foundations of system analysis [Text]/Proc.3-e Izd. –Tomsk: Izd.-in the NT, 2001. – 396 p.
2. Peregodov, F. I., Tarasenko, F. p. system analysis: introduction to the study guide for higher education institutions.- M.:Higher.SHK., 1989.- 367p.
3. Butorin V. K. Applied systems analysis: a conceptual approach [Text]/ V. K. Butorin, A. N. Tkachenko, S. A. Shipilov.- Kemerovo; M.: Publishing Association "Russian universities": "Kuzbassvuzizdat: ASST", 2006.- 323p.
4. Belov P. G. System analysis and modeling of hazardous processes in technosphere: Studies. allowance for students. higher. studies'. Institutions / P. G. Belov. - M.: publishing center "Academy", 2003. - 512 p.
5. Artemiev V. B., Lisowski V., Timoshkin G. M. // SUEK on the road to zero accidents // Coal. No. 12-2018- P. 71
6. Lisovsky V. V., Ivanov Yu., Voroshilov S. A., Sedelnikov, G. E., Lee Hee University. Practical use of the method of quantitative risk assessment of injuries " Probability-Harm-Risk "(VVR) on the example of JSC "SUEK-Kuzbass" // Coal.- №12-2018.- P. 41
7. Uteev E. P., Ivanov Yu. M. Management of risk at hazardous production facilities "mine-lava" // Coal. No 6-2018.- P. 20.
8. Safety of work in the localization of fires on the inclined layers of coal/ V. A. Gorbатов, I. M. Vasenin, V. G. Igishev. - Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2004. - 156 p.
9. Gorbатов V. A., Igishev, V. G., Popov V. B. Technological schemes of prevention and suppression of endogenous fires in coal mines/ V. A. Gorbатов, V. G. Igishev, V. B. Popov et al. - Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2002.- 177 p.
10. Lindenau, N. And. V. M. Maevskaya, V. F. Krylov. Origin, prevention and suppression of endogenous fires in coal mines. M.: "Nedra", 1977.- 320 p.
11. Baltaytis V. Ya. Extinguishing fires in coal mines., M., "Gosgortekhnizdat", 1961.- 283с.
12. Pechuk I. M., Mayevskaya V. M. Endogenous fires in the Donetsk basin. M., Ugletehnizdat, 1954.-270 p.
13. Sobolev G. G. mountain Rescue business. M., "Nedra", 1972.-253 p.
14. Sukharevsky V. M. the Main issues of reducing the fire danger of coal mines, M., 1964.- 199 p.
15. The order of EMERCOM of the Russian Federation dated 29 November 2012 № 707. Standards the organization of the paramilitary mine rescue units which are under authority of the Ministry of the Russian Federation for civil defense, emergency situations and elimination of consequences of natural disasters.
16. Golik A. S., jarosch, A. S., Mollov A. B., Izmailov I. R., Malakhov V., Galeev I. K., Popov B. V., Kulmukhametov A. V., Petrov S. A. the Concept of a unified system of rescue of miners (ESSS) in case of accidents and disasters in mines // journal of the research center for work safety in the coal industry. No. 2.-2018, P. 28-32
17. Yarosh A. S., Malakhov, Y. I. Bunin, V. I., study on the development of mobile rescue multifunctional complex robotic elements for elimination of consequences of accidents in mines mines // journal of the research center for work safety in the coal industry. No. 3.-2017, P. 46-50
18. Golik A.S., Mullo A. B., Popov V. B., jarosch, A. S., Zubarev V. A., Izmailov I. R., Kulmukhametov A. V., Knyazeva G. I. Mobile resuscitation system for emergency care to victims of accidents in underground mines // journal of the Research center for work safety in the coal industry. №3-2018.- P. 58-62
19. Golik A.S., Popov, V. B., Yarosh, A. S., Tokarev, O. S. how to save the life of a miner in emergency conditions of mine? // Bulletin Of the scientific center for safety in the coal industry. №3-2018.- P. 63-68
20. Golik A. S., Galeev I. K., Mullov A. B. Allow Mobile resuscitation of the underground complex to rescue victims in case of accidents in coal mines // Safety. №1 (193).-2017.- P. 8-11
21. Golik, A.S., Xing, A. F., V. R. Dinges Safety of miners and rescuers in emergency situations in coal mines, energy and resources of Kuzbass.- №1-2004.-P. 47
22. Leanin E. S., jarosch, A. S., Lee Hee UN , Popov V. B. the dependence of the formation of the dangerous situation the availability and completeness of information in the process of operational actions on liquidation of accidents // Safety in industry. №8-2016.- P. 69-76
23. Raifa G. decision Analysis (introduction to the problem of choice in non certainty.) The main edition of physico-mathematical literature publishing house "Science", M., 1977, 408 p.
24. Reznichenko S. S., Podolsky M. P., Ashikhmin A. A. Economic and mathematical methods and modeling in the planning and management of mining: Studies. for universities. - Moscow: Nedra, 1991.- 429 p.
25. Reznichenko S. S., Ashihmin A. Mathematical methods and modeling in the mining industry: Studies benefit.- 2nd ed., erased.- Moscow: Publishing house of the Moscow state mining University, 2001.- 404 p.
26. Lomonosov G. G.. Mountain qualimetry. Studies'. manual. M.: Izd.in Gornaya kniga publishing house of Moscow state mining University, 2007-201p.
27. Makarov I. M. Theory of choice and decision-making. M.: Science, 1987. modernization in the power industry of Russia: autoref. dis. Doc. Econ. sciences'. - Moscow, 2011.- P.52.
28. Kirilov V. I. Qualimetry and system analysis: studies. manual [Text] / V. I. Kirilov.- 2nd ed., erased. - Minsk: New knowledge; M.: INFRA-M, 2014.- 440 p.



Ю.А.Диук // J. A. Diyuk  
juliabireva@gmail.com

аспирант лаборатории угольного машиноведения Института угля ФГБНУ ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово пр. Ленинградский, 10.  
postgraduate student of coal engineering laboratory, Institute of Coal FGBNU FIC UUKh SB RAS, Kemerovo, pr. Leningradsky, 10



А.А.Контримас//  
A.A. Kontrimas  
kontrimas@mail.ru

аспирант, инженер  
лаборатории угольного машиноведения Института угля ФГБНУ ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово пр. Ленинградский, 10.  
postgraduate student, engineer of coal engineering laboratory, Institute of Coal FGBNU FIC UUKh SB RAS, Kemerovo, pr. Leningradsky, 10.

УДК 622.831.322

## МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И МЕТОДЫ ТЕКУЩЕГО ПРОГНОЗА ВЫБРОСОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

## MULTIFUNCTIONAL SAFETY SYSTEMS AND METHODS FOR THE CURRENT FORECAST OF COAL SEAM OUTBURST DANGER

*В соответствии с Правилами Безопасности в угольных шахтах должны устанавливаться многофункциональные системы безопасности, включающие системы прогноза газодинамических явлений. В настоящее время МФСБ не содержат методики определения критического значения показателя выбросоопасности угольных пластов при текущем прогнозе, поэтому разработка методики, оборудования и программного обеспечения для подсистемы прогноза внезапных выбросов многофункциональных систем безопасности является одной из самых актуальных задач на данный момент. В настоящей работе рассмотрены виды аварийных опасностей и противоаварийные системы, применяемые на угольных предприятиях России. Проанализированы системы предупреждения газодинамических явлений и применяемые методики для определения критического значения показателя выбросоопасности спектрально-акустическим методом. In accordance with the Safety Rules, multifunctional safety systems should be installed in coal mines, including systems for gas-dynamic phenomena forecast. Currently, the MFSS does not contain a methodology for determining the coal seam outburst factor critical value with the current forecast, therefore, the development of methods, equipment and software for the sudden outburst forecasting subsystem of multifunctional safety systems is one of the most urgent tasks at the moment. In this paper, types of accident hazards and accident protection systems used at coal enterprises of Russia are considered. Gas-dynamic phenomena prevention systems and the applied methods for determining the critical value of the outburst hazard factor by spectral-acoustic method are analyzed.*

**Ключевые слова:** ПРОГНОЗ ВЫБРОСОПАСНОСТИ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ, АВАРИЙНЫЕ ОПАСНОСТИ, КРИТЕРИЙ ВЫБРОСОПАСНОСТИ  
**Key words:** OUTBURST HAZARD FORECAST, MULTIFUNCTIONAL SAFETY SYSTEMS, ACCIDENT HAZARDS, OUTBURST HAZARD CRITERION

**Введение**  
В настоящий момент во всех угледобывающих странах, в том числе и в Российской Федерации, угольная промышленность поставлена перед резкой необходимостью увеличения темпов ведения горных работ. При высоких скоростях подвигания очистных и подготовительных забоев все горно-геологические, физико-химические, аэрологические процессы, происходящие в массиве горных пород, связанные с проявлениями горного давления, деформациями, разрушением, газовыделением, приобретают более резкий динамичный характер, вследствие чего происходят различные га-

зодинамические явления (ГДЯ).

Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах регламентируется оснащать горные выработки шахт системами и средствами, обеспечивающими безопасное ведение горных работ. Эти системы должны быть объединены в многофункциональные системы безопасности (МФСБ), которые должны обеспечивать, в том числе, контроль и прогноз ГДЯ [1,2].

К настоящему времени аварийные ситуации, в том числе и ГДЯ, достаточно хорошо изучены, разработаны и применяются методы их прогноза и предотвращения. Однако отдельные задачи теории газодинамических явлений и раз-

работки методов их мониторинга не решены.

Увеличение скорости подвигания забоев (более 4 м/сутки) влечет за собой проблему применения традиционных шпуровых методов, т. к. они являются дискретными и трудоемкими. Геофизические методы текущего прогноза выбороопасности, отвечающие требованиям высокой скорости ведения горных работ - признаны нормативными и применяются в определенных горнотехнических условиях шахт. Однако, эти методы пока имеют ограниченное применение вследствие недостаточной научно-методической проработки.

Построение и разработка МФСБ обеспечит повышение экономической эффективности и уровня безопасности, так как стоимость противоаварийных мероприятий высока, как высока и стоимость мероприятий по ликвидации последствий аварий на угольных шахтах.

Настоящая работа посвящена частичному решению этих задач.

#### **Виды аварийных опасностей на угольных шахтах**

Аварийная опасность определяется, прежде всего, геомеханическими процессами, происходящими в массиве горных пород, связанными с проявлениями горного давления, деформациями, разрушением, газовыделением, и зависит от устранения возможного проявления природных и эксплуатационных опасностей при принятой технологии ведения горных работ [3, 4].

Существуют два основных типа опасностей [3]:

- Опасности природного происхождения;
- Опасности эксплуатационного происхождения.

Первый тип - это опасности природного происхождения, вызванные геомеханическими процессами и природными свойствами угля (обрушаемость, трещиноватость и т.д.) [5].

Опасности природного происхождения можно классифицировать следующим образом [3]:

- Физико-механические и химические свойства угля и вмещающих пород: крепость, обрушаемость, трещиноватость, степень метаморфизма, склонность угля к окислению, взрывоопасность пыли, доля свободного диоксида кремния, склонность к горным ударам.

- Газоносность пластов угля и пород: виды газовыделения (обычные, суфлярные), опасность по газодинамическим проявлениям;

- Горно-геологические свойства пластов угля и пород: количество угольных пластов в

свите, расстояние между пластами, мощность пластов угля и слоев пород, глубина залегания, угол падения, вид геологических нарушений (пликативные, дизъюнктивные), обводненность месторождения и характер подземных вод (пластовые, трещинные, карстовые), естественная температура [5,6].

Опасности природного происхождения проявляются в виде длительного зависания и обширных обрушений пород кровли, обычных и суфлярных выделений метана, газодинамических явлений, склонности угля к самовозгоранию, взрывоопасности угольной пыли, наличия обводненных зон геологических нарушений в горном массиве, увеличения природной температуры пород с глубиной [6].

Опасности эксплуатационного происхождения, - второй тип опасностей, разделяются на две группы:

- Первая группа - опасности эксплуатационного происхождения, способствующие проявлению природных опасностей;
- вторая группа - техногенные опасности.

К первой группе относится нарушение естественного состояния массива при проведении горных выработок и выемке угля, вызывающее возникновение горного давления; проявление подработки и надработки; перераспределение напряжений в массиве и давления газа в метаноносных угольных пластах и породах; искусственное создание каналов гидравлической и аэродинамической связи между земной поверхностью и горизонтами ведения горных работ, а также между горизонтами, что вызывает миграцию подземных вод и доставку с воздухом кислорода к поверхностям угля, склонного к самовозгоранию, и ко всем находящимся в шахте горючим материалам [7-9].

Ко второй группе факторов техногенного происхождения относятся: оставление угля в целиках, в местах перехода геологических нарушений, в невынимаемых пачках угля; потери угля в лаве и выработанном пространстве; утечки воздуха через закрепное пространство в выработках, вентиляционные сооружения, выработанное пространство, изолирующие перемычки, раздавленные целики угля; недостаточное проветривание тупиковых выработок, выемочных участков, камер; проявления подработки и надработки; нагревание от трения конвейерных лент, исполнительных органов машин; искрение и короткое замыкание в электроустановках, между жилами кабеля, в светильниках, при обрушениях пород, в механических установках и инструменте; нарушения герметичности изо-

лирующих и водоупорных переемычек, правил ведения огневых, взрывных, ремонтных работ, режима проветривания, пылевого режима, газового режима, мероприятий по предотвращению газодинамических явлений, паспортов крепления и управления кровлей, паспортов дегазации источников газовой выделенности, правил технической эксплуатации электроустановок, машин и механизмов, правил перевозки людей [8-10].

Наличие и проявление вышеперечисленных природных и производственных опасных факторов, их взаимодействие и степень участия в сущности и определяют вид аварии, места возникновения, особенности протекания, возможные осложнения, тяжесть последствий аварий и др.

На данный момент противоаварийная устойчивость угольных предприятий РФ требует совершенствования. При некоторых благоприятных тенденциях состояние промышленной безопасности в угольной отрасли остается достаточно напряженным и в основном определяется уровнем аварийности и травматизма в угольных шахтах.

#### **Противоаварийные системы безопасности, применяемые на угольных предприятиях России**

К настоящему времени на российском рынке определились фирмы, которые предлагают услуги по проектированию отдельных подсистем многофункциональной системы обеспечения безопасности, а также поставку комплексов оборудования для их реализации на угольных шахтах. Перечни этих фирм и предлагаемая ими продукция приведены в таблице 1, составленной путем добавления ряда появившихся на ранке систем к указанным в работе [6].

Следует также отметить ряд компаний, широко известных в мире, но не представленных на российском рынке: Aeroscout (США); Cisco Systems (США); Ekahau (США); Active Control; KJ361 (КНР); Ultima Plus Digital Network System (США); Emag (Польша); ISS International

В настоящее время фирмы, зарекомендовавшие себя на российском рынке, контролируют горный массив по следующим основным параметрам (таблица 2) [11]. Определение опасности проявления ГДЯ представлено также в таблице 2.

#### **Системы предупреждения газодинамических явлений**

В ходе работы были изучены существующие системы предупреждения газодинамических явлений, зарекомендовавшие себя на рынке России (таблица 3). Все указанные системы

являются стационарными системами, реализующими прогноз внезапных выбросов без учета газового фактора и прочности угля [6, 12, 13].

Системы САКСМ, МГСК, Ангел-М в Кузбассе внедрены практически на всех шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс». Часть этих систем, основанных на спектральном анализе шумов работающего оборудования, осуществляют прогноз по одной из методик определения критического значения показателя выбросоопасности спектрально-акустическим методом, представленных в таблице 4. Здесь в качестве первой методики взята методика определения выбросоопасности спектрально-акустическим методом, разработанная для шахт Донбасса при осуществлении прогноза аппаратурой типа АК-1. Вторая методика взята из действующей в настоящее время «Инструкции по прогнозу динамических явлений в угольных шахтах...», в которой предлагается пороговое значение показателя выбросоопасности первоначально определять по параметрам «шумов работающего оборудования на участках проводимой горной выработки, для которой другими методами установлена категория «неопасно».

Результаты экспериментов показывают, что критерии выбросоопасности для разных угольных регионов и даже шахтопластов могут существенно отличаться, т.к. не учитываемые ими факторы могут варьироваться в широких пределах.

Этим объясняется необходимость в разработке комплексного метода прогноза выбросоопасности на основе учета основных факторов, влияющих на выбросоопасность.

#### **Комплексный метод текущего прогноза выбросоопасности угольных пластов**

Для предотвращения ГДЯ и, в частности, внезапных выбросов, необходимо применять комплекс мероприятий, основанных на непрерывном контроле основных факторов развязывания ГДЯ геофизическими методами, не мешающими ведению горных работ.

Из анализа преимуществ и недостатков известных методов текущего прогноза выбросоопасности, можно сделать вывод, что спектрально-акустический метод обладает лучшей достоверностью и позволяет осуществлять контроль выбросоопасности при ведении горных работ [14, 15]. Однако спектрально-акустический метод контролирует преимущественно напряженное состояние горного массива, поскольку величина давления газа в трещинах и порах практически никак не влияет на коэффициент затухания звука, но сильно влияет на выбросоопасность. Поэтому достоверный прогноз выбросоопасности

Таблица 1. Перечень фирм и предлагаемые ими системы  
Table 1. List of firms and their proposed systems

Название компании и информация для связи	Продукция
Общество с ограниченной ответственностью «Ингортех»	Газоаналитическая шахтная многофункциональная система «Микон 1Р», Система газоаналитическая шахтная многофункциональная «Микон III», Аппаратура «КРУГ», Система шахтной автоматики, стволовой сигнализации и связи «ШАСС Микон», Системы: СПГТ-41, СУБР-1П, СПАС «Микон», Система бесконтактной индуктивной связи ЕСНО-Р. Микон-гео
Межотраслевая Научно-техническая лаборатория по разработке, изготовлению и внедрению автоматизированных систем в горной промышленности МНТЛ РИВАС	Автоматизированная система диспетчерского контроля и управления горным предприятием (АСКУ), в том числе: общий контроль рудничной атмосферы, контроль и управление конвейерами, контроль мощности, потребляемой механизмами; контроль и управление отдельным технологическим процессом или оборудованием. Искробезопасная система связи DIS 5. Система стволовой сигнализации Safecom II. Регистратор РИПАС Система акустического контроля состояния массива горных пород и прогноза динамических явлений САКСМ
НПФ «Гранч»	Многофункциональная измерительная система аэрогазового контроля Granch МИС, Система наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией, Granch SBGPS, Система управления конвейерами с использованием измерительных контроллеров технологического оборудования Granch SBTC2, Система управления энергосбережением с использованием измерительных контроллеров технологического оборудования Granch SBTC2, Система громкоговорящей связи, оповещения и сигнализации Granch SBAVS
ЗАО «ПРОМТЕХ» — Trolex Ltd. (Великобритания)	Автоматизированные системы оперативно-диспетчерского управления шахт и рудников (АСОДУ), Автоматизированные системы управления технологическими процессами предприятий горнодобывающего комплекса (АСУТП), Автоматизированная система обнаружения начальной стадии возникновения подземных пожаров (АСОП), Система мониторинга (СМ) работы добычного участка и подготовительных забоев. Оборудование: Система автоматизированного аэрогазового контроля АС АГК фирмы Trolex Ltd, Система управления «Commander 2100» с датчиками фирмы Trolex Ltd, Станция управления SUTex ЗАО «ПРОМТЕХ», Станция сбора данных SDTex ЗАО «ПРОМТЕХ» Станция связи EtherTex V2 ООО «ИНПРОМТЕХ»
ООО «АК СНАБ» (Екатеринбург)	Единая многофункциональная интегрированная система безопасности СУБРТМ, содержащая: 1) комплекс аварийного оповещения и индивидуального вызова — 1СВМ, 2) комплекс беспроводного подземного поиска людей, застигнутых аварией в шахте, — ПОИСК, 3) систему автоматизированного учета подвижных объектов и позиционирования горнорабочих — АСУПОГ, 4) систему автоматизированного контроля воздушной среды с функцией обнаружения пожара — АСКПВС
Закрытое акционерное общество «Научно-внедренческий инженерный центр «Радиус» (ЗАО НВИЦ «Радиус»)	Система «Радиус-2» Подсистемы: «РадиусСкан»; «РадиусПоиск».
ИПКОН РАН	Многофункциональная система контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород МГСК
Mine Radio Systems Inc Канада.	Многоканальная радиокommunikационная система Flexcom с подсистемами позиционирования INSITE и интегрированная подсистема безопасности IMSS HELIAN. Системы: Solarian; Centrian (CMTS); MultiCom /
Конструкторско-технологический институт вычислительной техники Сибирского отделения РАН (КИ ВТ СО РАН)	Система наблюдения и оповещения персонала (СНиОП)
Becker Mining Systems Германия, Davis Derby Великобритания	Система BeckerCOM Система BeckerLOC CAS-система Система MineWATCH

Таблица 2. Основные параметры автоматизированных систем контроля горного массива  
Table 2. The main parameters of automated control systems of the massif

№	Параметр	ООО ИНГОРТЕХ Микон-ГЕО	ИГД ДВО РАН Prognoz-ADS	EMAGARAMIS /ARES	ОАО ВНИИМИ GITS	ИПКОН РАН АСППТР и КСМ
1	Число измеряемых параметров	1	1	2	1	4
Измерение и регистрация сейсмических событий						
2.1	Диапазон частот Гц	Не измеряет	Не измеряет	0-150	0,1 – 900	1 – 500
2.2	Разрядность АЦП			Нет	12	24
2.3	Частота дискретизации АЦП, Гц			Нет	1800	8000
Измерение и регистрация сейсмоакустической эмиссии						
3.1	Диапазон частот Гц	Нет данных	0,2-12000	28-1500		28-2000
3.2	Разрядность АЦП	Нет данных	12	Нет	Не измеряет	24
3.3	Частота дискретизации АЦП, Гц	Нет данных		Нет		8000
Измерение и регистрация энергии колебаний массива горных пород от горных машин и оборудования						
4.1	Диапазон частот Гц	Нет данных				28-2000
4.2	Разрядность АЦП	Нет данных	Не измеряет	Не измеряет	Не измеряет	24
4.3	Частота дискретизации АЦП, Гц	Нет данных				8000
Измерение и регистрация термодинамической эмиссии						
5.1	Диапазон частот Гц					2-14 мкМ/2-200 Вт/М <sup>2</sup>
5.2	Разрядность АЦП	Не измеряет	Не измеряет	Не измеряет	Не измеряет	24
5.3	Частота дискретизации АЦП, Гц					8000
Измерение и регистрация тензометрической деформации						
6.1	Диапазон частот Гц					± 10 <sup>-3</sup>
6.2	Разрядность АЦП	Не измеряет	Не измеряет	Не измеряет	Не измеряет	24
6.3	Частота дискретизации АЦП, Гц					8000
Передача данных						
7.1	Протоколы	RS-422	Неизвестен	Аналоговый	Нет данных	TCP/IP (SHDL)
7.2	Скорость Кбод	115,5	128	19,2	Нет данных	2048
Нормативные документы						
8.1	РД 05-328-99			Пр. 6, Пр. 8 п. 2.1	Пр. 6, Пр. 8 п. 2.1, 2.2, 2.3 (Англ)	Пр. 6, Пр. 8 п. 2.1
8.2	РД 05-350-00		п. 2.4.30, 2.4.36,	п. 2.4.30, 2.4.36,		п. 2.4.30, 2.4.36,
8.3	Инструкция по осуществлению мониторинга гео, газодинамического состояния массива			5.6.5, 5.6.6		5.5.2, 5.6.2, 5.6.5, 5.6.6, 5.6.7



Таблица 3. Системы предупреждения газодинамических явлений.  
Table 3. Gas-dynamic phenomena alarm systems.

Система спектрально-акустического прогноза типа АК-1, АПСС, АК-1М,	Стационарные системы прогноза ГДЯ на основе анализа спектра акустических шумов работающего горного оборудования	Способ прогноза: спектрально-акустический
МГСК, АСППТР КСМ, разработки ИПКОН РАН	Многофункциональная геофизическая система контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород	Способ прогноза: спектрально-акустический или метод АЭ
САКСМ производства ООО МНТЛ «РИВАС»	Система акустического контроля состояния горного массива и прогноза газодинамических явлений	Способ прогноза: спектрально-акустический
«Микон 1Р», «Микон III», «Микон-гео», Аппаратура «КРУГ», «ШАСС Микон», СПГТ-41, СУБР-1П, СПАС «Микон», ЕСНО-Р производства ООО ИНГОРТЕХ	Многофункциональная геофизическая система контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород	Способ прогноза: газоаналитический или спектрально-акустический

Таблица 4. Методики определения критического значения показателя выбросоопасности спектрально-акустическим методом  
Table 4. Outburst hazard factor critical value determining methods by spectral-acoustic method

Методика определения	Критическое (пороговое) значение показателя выбросоопасности	Экономический эффект от использования методики
1) методика прогноза по амплитудно-частотной характеристике пласта для шахт Донбасса при использовании аппаратуры типа АК-1, АПСС	Критическое значение показателя выбросоопасности $K_{кр} = 3$ имеет фиксированную величину для всех шахт	Достигается за счет сокращения затрат на проведение прогноза по структуре пласта и начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров. (примерно затраты 0,5 ставки горнорабочего и 0,5 ставки инженера – прогнозиста на контролируруемую подготовительную выработку), а также от сокращения времени остановки забоя на проведение прогноза инструментальным методом
2) действующая «Инструкция по прогнозу динамических явлений в угольных шахтах...»	Критическое значение показателя выбросоопасности предлагается работникам шахты «...предварительно определять по параметрам «шумов» работающего оборудования на участках проводимой горной выработки, для которой другими методами установлена категория «неопасно»».	То же, что и в случае использования методики 1. Возможны дополнительные расходы, обусловленные ошибкой установления критического значения показателя выбросоопасности шахтными службами.

возможен только при одновременном контроле этих основных факторов.

В последние годы ведется научное обоснование варианта исполнения спектрально-акустического метода прогноза выбросоопасности с одновременным контролем газового фактора выбросоопасности и прочности угля [16, 17]. Информации о практическом внедрении этого метода в литературе нет.

#### Выводы

- Используемые в настоящее время на угольных предприятиях системы предупреждения газодинамических явлений основаны на прогнозе преимущественно по одному или двум основным факторам потери устойчивости горного массива. Поэтому чтобы избежать аварий критерии опасности берутся с большим запасом, что приводит к увеличению стоимости ведения горных работ. Этим обусловлена необходимость разработки комплексного метода автоматизированного прогноза опасности проявления ГДЯ;

- Существующие в настоящее время МФСБ, использующие аппаратуру спектрально-акустического прогноза выбросоопасности, не имеют методик определения критериального значения показателя выбросоопасности с уче-

том газового фактора и прочности угля.

- Надежный прогноз выбросоопасности возможен только на базе непрерывного автоматизированного измерения параметров, характеризующих основные факторы выбросоопасности: напряженное состояние, физико-механические и фильтрационно-коллекторские свойства пласта и газового фактора (газоносность и давление свободного газа).

- В настоящее время нет аппаратуры и рабочей методики для реализации комплексного метода автоматизированного прогноза выбросоопасности на основе одновременного контроля основных ее факторов.

- Разрабатывается вариант исполнения спектрально-акустического метода, показатель выбросоопасности которого скорректирован для учета газового фактора и прочности угля. Ожидается, что этот вариант метода, так же как и инструментальный метод, будет контролировать основные факторы выбросоопасности.

#### Источники финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-45-420014.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах: Федер. нормы и правила в обл. пром. Безопасности – Сер. 05. – Вып. 40. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2014. – 200 С.
2. Пугачев, Е. В. Особенности эксплуатации многофункциональных систем безопасности на угольных предприятиях Кузбасса / Е. В. Пугачев, В. В. Бих, А. А. Журавлев // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Сиб. гос. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2013. – 201-203 с.
3. Азбель, М. Д. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт / М. Д. Азбель, С. С. Кобылкин // Горная техника 2013. - 52-55 с.
4. Шатилов, В.А. Внезапные поднятия и выбросы пород в шахтах / Шатилов В.А. – Киев: Техника, 1972. – 75 с.
5. Бабенко, А.Г. О требованиях к МФСБ автоматической газовой защиты угольных шахт / А.Г. Бабенко, П.А. Малыгин // Горный журнал 2010 №1 - 73-84 с.
6. Многофункциональные системы безопасности на угольных предприятиях России. Режим доступа :<http://www.ingortech.ru/sistema-bezopasnosti-msb>. (Дата обращения 12.02. 2020).
7. Мутанов, Г. Разработка алгоритмов управления воздухораспределением шахт регуляторами расхода воздуха и вентилятором главного проветривания: Автореферат диссертации на соискание уч. степени канд. техн. наук. М., МГИ, 1987, 22 с.
8. Лапин, Э. С. «Микон-ГЕО» — система оперативного обнаружения и контроля состояния зон развития опасных геогазодинамических явлений при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом / Э. С. Лапин, В. Б. Писецкий, А. Г. Бабенко, Ю. В. Патрушев // Безопасность труда в промышленности. 2012. № 4 - 18–22. 5 с.
9. Положение об аэрогазовом контроле в угольных шахтах. Серия 05. Вып. 23. М.: ЗАО «НТЦ исследований проблем промышленной безопасности», 2012. 110 с.
10. Бабенко, А. Г. Опыт анализа основ построения многофункциональных систем безопасности угольных шахт. // Безопасность труда в промышленности 2013 № 3. С 40 - 47
11. Захаров, В. Н. Исследования акустико-вибрационных процессов углепородного массива в зонах ведения горных работ / В. Н. Захаров, П. Н. Гуляев, А. В. Харченко – М: ИПКОН РАН.
12. МИСиС национальный исследовательский технологический университет. Наука. Научный комплекс. Управление науки. Научные лаборатории и центры. Режим доступа: <http://misis.ru>. (Дата обращения: 12.02.2020).
13. Межотраслевая научно-техническая лаборатория по разработке, изготовлению, внедрению автоматизированных систем горной промышленности. Продукты. Датчики. Режим доступа: <http://www.rivas.ru/product.html>. (Дата обращения: 12.02.2020).
14. Бабенко, В. С. Сопоставление различных критериев выбросо-опасности угольных пластов при проведении подготовительной выработки/ В. С. Бабенко, Е. С. Ткаченко, Е. И. Зеленская // Уголь – 1991. -№7.-С. 60-61.
15. Шадрин, А.В. Автоматизированный мониторинг противовыбросных мероприятий при разработке угольных пластов: дис....докт. техн. наук: 25.00.20 / Александр Васильевич Шадрин; Кузбасский гос. техн. ун-т. - Кемерово,

2004. - 356 с.

16. Шадрин, А.В. Комплексный геофизический прогноз выбросоопасности угольных пластов. // Безопасность труда в промышленности 2019 № 1. С 42 – 48.
17. A. Shadrin, Y. Diyuk. Geophysical criterion of pre-outburst coal outskueezing from the face space into the working // International Journal of Mining Science and Technology, 2019, Vol: 29, Issue: 3, Page: 499-506. <https://doi.org/10.1016/j.IJMST.2018.11.001>.

#### REFERENCES

1. Pravila bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh [Safety regulations in coal mines]. Feder. normy i pravila v obl. prom. Bezopasnosti - Feder. rules and regulations in the area of industrial safety, - Ser. 05. - Issue 40. – Moscoe: ZAO NTC PB, 2014 [in Russian]
2. Frianov, V.N., Pugachev, Ye.V., Bikh, V.V. & Zhuravlev, A.A. (2013). Osobennosti ekspluatatsii mnogofunktsional'nykh sistem bezopasnosti na ugol'nykh predpriyatiyakh Kuzbassa [Multifunctional security system operation features at Kuzbass coal enterprises]. Naukoyemkiye tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov: sb. nauch. statey - High technology for development and use of mineral resources: scientific articles collection, Siberian State university, 201-203 [in Russian].
3. Azbel, M.D., & Kobylkin, S.S. (2013). Mnogofunktsional'nyye sistemy bezopasnosti ugol'nykh shakht [Multifunctional coal mine safety systems]. Gornaia tekhnika - Mining equipment, 52-55 [in Russian].
4. Shatilov, V.A. (1972). Vnezapnyye podnyatiya i vybrosy porod v shakhtakh [Sudden uplifts and rock outbursts in mines]. Kiev: Tekhnika [in Russian].
5. Babenko, A.G., & Malygin, P.A. (2010). O trebovaniyakh k MFSB avtomaticheskoy gazovoy zashchity ugol'nykh shakht [On the requirements for MFSS of coal mines' automatic gas protection]. Gorny Zhurnal – Mining Magazine, 1, 73-84 [in Russian].
6. Mnogofunktsional'nyye sistemy bezopasnosti na ugol'nykh predpriyatiyakh Rossii [Multifunctional security systems at coal enterprises in Russia]. Retrieved from: <http://www.ingortech.ru/sistema-bezopasnosti-msb> [in Russian].
7. Mutanov, G. (1987). Razrabotka algoritmov upravleniya vozdukhoraspredeleniyem shakht regulyatorami raskhoda vozdukha i ventilyatorom glavnogo provetrivaniya [Development of air distribution control algorithms for mines with air flow regulators and main ventilation fan]. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow [in Russian].
8. Lapin, E.S., Pisetskiy, V.B., Babenko, A.G., & Patrushev, Yu.V. (2012). «Mikon-GEO» — sistema operativnogo obnaruzheniya i kontrolya sostoyaniya zon razvitiya opasnykh geogazodinamicheskikh yavleniy pri razrabotke mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh podzemnym sposobom ["Mikon-GEO" - a system for the operational detection and monitoring of dangerous geogasdynamic phenomena development zones in underground mineral deposit development]. Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety, 4, 18-22 [in Russian].
9. Polozheniye ob aerogazovom kontrole v ugol'nykh shakhtakh [Regulation on air and gas control in coal mines]. Series 05. Vol. 23. Moscow : CJSC STC for Research on Industrial Safety Problems, [in Russian].
10. Babenko, A. G. (2013). Opyt analiza osnov postroyeniya mnogofunktsional'nykh sistem bezopasnosti ugol'nykh shakht [Experience in analyzing the fundamentals of building multifunctional coal mine safety systems]. Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety, 3, 40-47 [in Russian].
11. Zakharov, V.N., Guliaev, P.N., & Kharchenko, a.V. ( ) Issledovaniya akustiko-vibratsionnykh protsessov ugleporodnogo massiva v zonakh vedeniya gornykh rabot [Researches of acoustic-vibrational processes of coal-bearing massif in mining zones]. Moscow: IPKON RAS [in Russian].
12. MISiS natsional'nyy issledovatel'skiy tekhnologicheskii universitet. Nauka. Nauchnyy kompleks. Upravleniye nauki. Nauchnyye laboratorii i tsentry [MISiS National Research Technological University. The science. Scientific complex. Science Management. Scientific laboratories and centers]. Retrieved from: <http://misis.ru>. [in Russian].]
13. Mezhotroslevaya nauchno-tekhnicheskaya laboratoriya po razrabotke, izgotovleniyu, vnedreniyu avtomatizirovannykh sistem gornoj promyshlennosti. Produkty. Datchiki [Interdisciplinary scientific and technical laboratory for the development, manufacture, implementation of automated mining systems. Products Sensors] Retrieved from: <http://www.rivas.ru/product.html>. [in Russian].
14. Babenko, V.S., Tkachenko, Ye.S., & Zelenskaya, Ye.I. (1991). Sopostavleniye razlichnykh kriteriyev vybrosopasnosti ugol'nykh plastov pri provedenii podgotovitel'noy vyrabotki [Comparison of coal seam outburst hazard various criteria during development opening heading]. Ugol – Coal, 7, 60-61 [in Russian].
15. Shadrin, A.V. (2004). Avtomatizirovanny monitoring protivovybrosnykh meropriyatiy pri razrabotke ugol'nykh plastov [Automated control of outburst protection measures during coal seam development]. Doctor's thesis. Kemerovo [in Russian].
16. Shadrin, A.V. (2019). Kompleksnyy geoфизический прогноз выбросоопасности угольных пластов [Comprehensive geophysical forecast of coal seam outburst hazard]. Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety, 1, 42-48 [in Russian].
17. Shadrin, A., & Diyuk, Yu. (2019). Geophysical criterion of pre-outburst coal outskueezing from the face space into the working // International Journal of Mining Science and Technology, 2019, Vol: 29, Issue: 3, Page: 499-506. <https://doi.org/10.1016/j.IJMST.2018.11.001>.



**А.С. Ярош // A.S. Yaroch**  
rosniigdbuh@mail.ru

канд. техн. наук, академик МАНЭБ,  
генеральный директор ООО "НИИ  
Горного Дела", 650002, Россия,  
г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1  
candidate of technical sciences,  
academician of MANEB, general director  
of LLC "Research Institute of Mining",  
650002, Russia, Kemerovo, Sosnovy  
Boulevard, 1

УДК 614.8:622:658.3

## ТЕОРИЯ СИНЕРГЕТИКИ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ И ЕЕ КОРРЕЛЯЦИЯ С ТЕОРИЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

## THEORY OF SYNERGETICS IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS AND ITS CORRELATION WITH THE THEORY OF SAFETY OF PRODUCTION SYSTEMS

В статье раскрыты теоретические основы синергетического подхода в формировании эффективного функционирования многофункциональных систем жизнеобеспечения работников при ликвидации аварий на угольных шахтах. Раскрыты основные принципы систем, синергетики и теории промышленной безопасности. Приведена графическая модель взаимосвязи теории систем и синергетики применительно к многофункциональным системам жизнеобеспечения при ликвидации аварий на угольных шахтах. Определены направления исследований по количественной оценке синергетического взаимодействия в организационных системах.

*The article reveals the theoretical foundations of the synergetic approach in the formation of the effective functioning of multifunctional life support systems for workers in the elimination of accidents at coal mines. The basic principles of systems, synergetics and industrial safety theory are revealed. A graphical model of the relationship between the theory of systems and synergetics applied to multifunctional life support systems in the elimination of accidents in coal mines. The directions of research on the quantitative assessment of synergetic interaction in organizational systems are determined.*

**Ключевые слова:** ОПАСНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОБЪЕКТ, ТЕОРИЯ СИСТЕМ, ТЕОРИЯ СИНЕРГЕТИКИ, ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СИСТЕМА, КОЭФФИЦИЕНТ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.  
**Key words:** HAZARDOUS PRODUCTION FACILITY, SYSTEMS THEORY, THEORY OF SYNERGETICS, ORGANIZATIONAL SYSTEM, COEFFICIENT OF SYNERGETIC INTERACTION.

История синергетики начинается с 1978 г., с публикации проф. Г. Хакеном (ФРГ) книги «Синергетика» [1, С.3], где рассмотрено введение в теорию неравновесных фазовых переходов и процессов самоорганизации в физических, химических и биологических системах. Чтобы подчеркнуть роль коллективных, кооперативных эффектов в процессах самоорганизации, Г. Хакен назвал это новое направление – синергетикой.

Видные ученые современности Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. и др., определяют синергетику - как новое направление междисциплинарных исследований, использующее нелинейное мышление для выявления общих закономерностей самоорганизации, становления устойчивых структур в открытых системах

естественного и искусственного происхождения [2].

Синергетика вошла и в информатику, как отмечает Чернавский Д.С.: «...проблема связана с генерацией новой ценной информации нуждается в синергетическом подходе» [3, С.10]. Далее мы видим междисциплинарную направленность синергетики у Пелюховой Е.Б., Фрадкина Е.В. в работе «Синергетика в физических процессах: самоорганизация физических систем», где ставится вопрос о закономерностях синергетических процессов [4, С.13]. И наконец, существует ряд изданий «Синергетика и менеджмент», «Синергетика и теория организации», «Синергетическое управление», где дается определение синергетики в аспекте самоорганизации, например, В.И.Подлесных определяет: «Синергетика -

это научная дисциплина, которая рассматривает закономерности процессов системной интеграции и самоорганизации в различных системах» [5, С.85].

Кроме того, по теме связанной с синергетикой защищено ряд диссертаций от философии до технических наук [6],[7],[8],[9], где раскрываются синергетические принципы нелинейности развития, когерентности, бифуркаций, нелинейной динамики систем.

В настоящее время согласно теории организации, оценку производственных систем, по уровню организации проводят по ряду коэффициентов: пропорциональности, равномерности, непрерывности, ритмичности, загрузке оборудования, сменности и т.п., однако – это линейные коэффициенты, и фактически оценить организационное взаимодействие с синергетических позиций – не могут. Поэтому методический вопрос количественной оценки синергетического эффекта организационной системы с математических позиций, при нелинейности формирования **системного результата** пока открыт. Поэтому, актуальна задача, разработки метода определения коэффициента синергетического взаимодействия в организационной системе.

Вышеприведенные коэффициенты определяют уровень организации производственной системы, приводись учеными по организации Лобановым Н.Я., Грачевым Ф.Г., Лихтерманом С.С. ещё на рубеже 90-х годов прошлого столетия [10, С.45], и сейчас эти коэффициенты – действующие, именно для оценки общего уровня организации производственных процессов. Но вот вопрос эффективного взаимодействия работников, организационных единиц (подсистем) производственной системы, в аспекте нелинейной мультипликация остается открытым, хотя эти теоретические аспекты по синергетике раскрыты обширно.

Что же касается функционирования отделений ВГСЧ при ликвидации аварий – это тоже **организационные системы**, и действуют они в рамках тех же организационных законов. Только следует учесть, что ВГСЧ – в принципе жесткая вертикальная иерархическая структура, но при **рациональном управлении** руководителя горноспасательных работ (РГСР) любое структурное подразделение ВГСЧ лице направленных взводов и отделений, может гибко поменять **организационную диспозицию общих действий** в масштабах аварии, по необходимости (**приказу**) от горизонтальной, вертикальной, матричной до сетевой структуры, по требованиям ситуации и распоряжения РГСР (не вникая в стратегию

руководства), т.е. в этом заключается гибкий резерв организационного управления ликвидацией аварии и оптимизацией взаимодействия действий отделений и взводов. В данном случае, рассматривается взаимодействие как респираторщиков в отделении, отделений во взводе, так и взводов в масштабах шахты. Данный аспект способен обеспечить минимальный срок и максимальный результат функционирования многофункциональных систем жизнеобеспечения (МФСЖ) при ликвидации аварии.

Например, при линейном взаимодействии – операции последовательные – корреляция взаимодействия большая; вертикальное взаимодействие – иерархическое взаимодействие (подчиненность) – корреляция взаимодействия меньше чем в горизонтальной, т.к. имеется коммуникационный барьер (на передачу – прием – обработку команды по уровням); матричное взаимодействие – корреляция взаимодействия между элементами матрицы максимальная, но велика опасность **минимизации эффекта** при рассогласованности элементов матрицы; сетевая структура дает выбор наиболее выгодного сочетания взаимодействий в сети.

Основываясь на теории систем, теории синергетики и теории безопасности покажем графическую модель и место основных принципов способствующих формированию методологии разработки МФСЖ при ликвидации аварий на опасных производственных объектах (рис.1), и далее определим конкретные методы для угольных шахт.

Раскроем конкретнее принципы безопасности, приведенные на рисунке 1:

- ориентирующие – представляют собой основополагающие идеи, определяющие направление поиска безопасных решений и служащие методологической и информационной базой; раскрывают системность безопасности, информативность, классификацию и категорирование объектов и опасностей; нормирование требований и характеристик безопасности;

- технические – направлены на непосредственное предотвращение действия опасных факторов (защиты, экранирование, блокировки, флегматизация, нейтрализация, дублирование и т.п.);

- управленческие – определяющие взаимосвязь и отношения между отдельными стадиями и этапами процесса обеспечения безопасности (плановость, контроль, эффективность, ответственность, аттестация и сертификация);

- организационные – реализующие положения научной организации труда: инновацион-



Рисунок 1. Графическая модель взаимосвязи теории систем и синергетики применительно к МФСЖ при ликвидации аварий на шахтах  
Figure 1. Graphical model of the relationship between system theory and synergetics in relation to IFSW in mine accident response

ность мер, защита временем, резервирование, эргономичность, компенсация, эстетизация, зонирование и т.д.

Проведя контент-анализ источников по общей теории систем, системному анализу и синергетики, установлена взаимосвязь универсальных основных принципов теории систем и теории синергетики, которые присутствуют в теории производственной безопасности, что практически определено системами МФСБ и МФСЖ

при авариях на опасных производственных объектах (шахтах), функционирование которых регламентируется законом №116-ФЗ, Правилами безопасности, Уставом ВГСЧ и инструкциями [11], [12], [13], [14].

В целом существование единства теории и практики, позволяет утверждать, что общая теория систем, теория синергетики и практика, доказывают наличие синергетического взаимодействия в организационных системах, а значит

применимость данных принципов к системам МФСБ и МФСЖ. Проблемным является вопрос разработки метода количественного определения синергетического взаимодействия, его прогнозирования и/или моделирования. Синергетический результат в данном случае получается от взаимодействия подсистем: «технология», «техника» и «организация», которые можно раз-

делить на элементы. Количественно оценку синергетического взаимодействия можно оценить - коэффициентом синергетического взаимодействия.

Разработка методологии синергетического взаимодействия и её апробация для организационных структур ВСГЧ позволит разрабатывать более эффективные планы ликвидации аварий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синергетика: Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах: Пер. с англ.- М.: Мир, 1985.- 423с.
2. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.: Едиториал УРСС.-2003.- 288с.
3. Чернавский Д.С. Синергетика и информация.- М.: Знание, 1990.- 48с. – (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Математика, кибернетика»; №5).
4. Пелюхова Е.Б., Фрадкин Е.В. Синергетика в физических процессах: самоорганизация физических систем: Учебное пособие .2-е изд., испр.- СПб.: Издательство «Лань», 2011.- 320с.
5. Подлесных В.И. Теория организации: Учебное пособие. Издательский дом «Бизнес-пресс». СПб.-2003.- 336с.
6. Ополев П.В. Дialeктика и синергетика. [Текст]: дисс. канд. фил. наук / П.В. Ополев. – Омск, 2010. – 189с.
7. Ерохина Н.А. Синергетика как методологическая основа исторического исследования (Исторический анализ) [Текст]: дисс. канд. ист. наук / Н.А. Ерохина. – Екатеринбург, 2004. – 311с.
8. Ельчанинов Н.С. Структурно-синергетическая концепция социодинамики России. Автореф. дисс. доктр. фил. наук. Самара - 2009.- 44с.
9. Шаповалов В.И. Синергетические методы и модели структурообразования в открытых системах. Автореф. дисс. докт. техн. наук / В.И. Шаповалов – Таганрог, 2006. – 48с.
10. Лобанов Н.Я., Грачев Ф.Г., Лихтерман С.С. Организация, планирование и управление производством в горной промышленности. М.: Недра, 1989.- 516с.
11. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) « О промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изм. и доп., вступ. в силу с 25.03.2017).
12. Приказ от 19 ноября 2013 года N 550 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в угольных шахтах" (с изменениями на 8 августа 2017).
13. Устав Военизированной горноспасательной части по организации и ведению горноспасательных работ. Утвержден приказом МЧС от 09.06.2017 № 251.- 29с.
14. Приказ от 31 октября 2016 года N 451 Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Инструкция по составлению планов ликвидации аварий на угольных шахтах"(с изменениями на 8 августа 2017 года).

### REFERENCES

1. Synergetics: Hierarchies of instabilities in self-organizing systems and devices: Per. with ang.- M.: Mir, 1985.- 423p.
2. Kapitsa S. P., Kurdyumov S. P., Malinetsky G. G. Synergetics and forecasts of the future. M.: editorial URSS.-2003.- 288p.
3. Chernavsky D. S. Synergetics and information.- M.: Knowledge, 1990.- 48P. - (New in life, science, technology. Ser. "Mathematics, Cybernetics; №5).
4. Pelyukhova E. B., Fradkin E. V. Synergetics in physical processes: self-organization in physical systems: a tutorial .2-e lzd., ISPR.- SPb.: LAN Publishing House, 2011.- 320p.
5. Podlesnyh V. I. the Theory of organization: textbook. Publishing house "Business press". SPb.-2003.- 336p.
6. Opolev P. V. Dialectics and synergetics. [Text]: Diss. kand. phil. Sciences / P. V. Opolev. - Omsk, 2010. – 189p.
7. Erokhina N.. Synergetics as methodological basis of historical research (Historical analysis) [Text]: Diss. kand. east. Sciences/ N.. Yerokhin. - Ekaterinburg, 2004. – 311p.
8. Yelchaninov N. S. Structural-synergetic concept of Russian sociodynamics. Abstract. Diss. doctore. phil. sciences'. Samara-2009.- 44P.
9. Shapovalov V. I. Synergetic methods and models of structure formation in open systems. Abstract. Diss. Doc. tech. Sciences / V. I. Shapovalov-Taganrog, 2006. – 48P.
10. Lobanov N. I., Grachev, F. G., Lichterman S. S. Organization, planning and management of production in the mining industry. M.: Nedra, 1989.- 516p.
11. Federal law No. 116-FZ of 21.07.1997 (as amended on 07.03.2017) " on industrial safety of hazardous production facilities (as amended. and EXT., joined. in force from 25.03.2017).
12. Order of November 19, 2013 N 550 of Federal service for ecological, technological and nuclear supervision "about the approval of Federal regulations and rules in the field of industrial safety "safety Rules in coal mines" (with changes for August 8, 2017).
13. Charter Paramilitary mine rescue part of the organization and conduct of mine rescue operations. Approved by order of MES from 09.06.2017 No. 251.- 29p.
14. Order of October 31, 2016 N 451 Federal service for environmental, technological and nuclear supervision on the approval of Federal regulations and rules in the field of industrial safety "instruction on the preparation of plans for the elimination of accidents at coal mines"(as amended on August 8, 2017).



**К. В. Кулецкий // K.V. Kuletsky**  
kuleckiikv@suek.ru

главный специалист по охране труда, Акционерное Общество «СУЭК», 115054 Российская Федерация, Москва, ул. Дубининская 53, строение 7, chief specialist for labor protection, SUEK Joint-Stock Company, 115054 Russian Federation, Moscow, ul. Dubininskaya 53, building 7



**Я.В. Деркач // Y. V. Derkach**  
yanisvladislavovna@mail.ru

аспирант кафедры безопасности производств ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2  
Postgraduate Student, Department of Production Safety, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "St. Petersburg Mining University", 199106, St. Petersburg, Vasilyevsky Island, 21 line d.2



**М.Л. Рудаков // M.L. Rudakov**  
Rudakov\_ML@pers.spmi.ru

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой безопасности производств ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2  
doctor of technical sciences, Production Safety Department Head, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "St. Petersburg Mining University", 199106, St. Petersburg, Vasilyevsky Island, 21 line d.2.

УДК 622.864

## ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

## ORGANIZATION OF LABOR PROTECTION TRAINING AT COAL ENTERPRISES: TRENDS AND PROSPECTS

*В статье рассматривается процедура обучения по охране труда как элемент единой системы управления промышленной безопасностью и охраной труда угледобывающего предприятия. Приводятся нормативные документы, которые предусматривают функционирование процедур в области обучения охране труда, данные по производственному травматизму на предприятиях по добыче угля. Анализируются основные причины случаев смертельного травматизма, такие как: низкая квалификация персонала и нарушение технологической и трудовой дисциплины. Рассматриваются основные подходы к организации обучения по охране труда в России, которые являются элементами предупредительной модели управления охраной труда и которые внедряются на отечественных угледобывающих предприятиях, основанные на предварительной оценке рисков и разработке сценариев опасных производственных ситуаций, на мониторинге знаний сотрудников, создании гибкой системы, предполагающей обратную связь для дальнейшей модернизации, а также использовании последних тенденций в сфере IT-технологий, таких как: специально разработанное программное обеспечение, тренажёры и имитационные модели. Рассматриваются подготовка персонала начального уровня, а также переподготовка персонала и переквалификация. Отмечается особая роль наставничества как инструмента профилактики производственного травматизма. В выводах обобщаются наиболее перспективные направления совершенствования обучения по охране труда на угледобывающих предприятиях.*

*The article discusses the labor protection training procedure as an element of a unified system for managing industrial safety and labor protection at a coal mining enterprise. Regulatory documents are cited that provide for the functioning of procedures in the field of labor protection training, and data on industrial injuries at coal mining enterprises. The main causes of fatal injuries are analyzed, such as: low qualification of personnel and violation of technological and labor discipline. The main approaches to the organization of training on labor protection in Russia are considered, which are elements of the precautionary model of labor protection management and which are introduced at domestic coal mining enterprises, based on a preliminary risk assessment and hazardous production situations scenario development, on monitoring the knowledge of employees, creating a flexible system involving feedback for further modernization, as well as using the latest trends in IT technology, such as specially developed software, simulators and simulation models. The training of entry-*



*level personnel, as well as retraining of personnel are considered. The special role of mentoring is also noted as a tool for the prevention of occupational injuries. The conclusions summarize the most promising areas for improving occupational safety training at coal mining enterprises.*

**Ключевые слова:** ОХРАНА ТРУДА, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ, УГЛЕДОБЫВАЮЩИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОБУЧЕНИЕ.

**Key words:** LABOR PROTECTION, INDUSTRIAL INJURIES, COAL MINING ENTERPRISES, TRAINING.

## Введение

**1** Единая система управления промышленной безопасностью и охраной труда (ЕСУПБ и ОТ) является неотъемлемой частью системы управления угледобывающего предприятия, а ее постоянное совершенствование и принятие результативных решений в области охраны труда и промышленной безопасности являются одними из приоритетных направлений, обеспечивающих рост безопасности и эффективности производства. Рядом нормативных документов [1-3] предусмотрено создание и обеспечение функционирования процедур в области обучения охраны труда и подготовки работников в области промышленной безопасности, которые в целом соответствуют основным международным документам в области систем управления охраной труда, таким как ISO 45001, OHSAS, ILO-OSH 2001. Обучение по охране труда на угледобывающих предприятиях, которое организуется на основе требований Трудового кодекса Российской Федерации, Постановления 1/29 [4] и ГОСТ 12.0.004-2015 [5], требует поиска и внедрения новых путей и методов, позволяющих не только обеспечить усвоение учебного материала, но и более активно вовлечь работников в процесс обеспечения безопасности на предприятии.

В 2018 году в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 марта 2018 г. № 363 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Содействие занятости населения», утвержденную постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 298, начала реализовываться подпрограмма «Безопасный труд» (2018-2020), целью которой является создание условий для формирования культуры безопасного труда и повышение эффективности мер, направленных на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. В частности, внедрение культуры безопасного труда в рамках данной подпрограммы предполагает разработку и внедрение предупредительной модели управления охраной труда, основанной на передовых и наиболее эффективных технологиях в области охраны труда,

популяризацию и пропаганду культуры безопасного труда. В результате реализации подпрограммы ожидается снижение значения показателя численности пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1000 работающих к 2020 году до 1,2 промилле.

В рамках данной статьи, носящей обзорный и дискуссионный характер, обобщаются наиболее характерные современные тенденции в области обучения по охране труда в России, которые рассматриваются как элемент предупредительной модели управления охраной труда и которые внедряются (или могут быть внедрены) на отечественных угледобывающих предприятиях.

## 2. Состояние охраны труда в организациях угольной промышленности России

Исходя из анализа состояния производственного травматизма в разрезе основных видов экономической деятельности, проведенного на основе данных результатов мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации [6], следует, что добыча полезных ископаемых, как вид экономической деятельности, занимает одно из последних мест по числу травмированных – 5,3% от общего числа зафиксированных травм.

По данным Ростехнадзора [7] общее количество смертельно травмированных на предприятиях по добыче угля составило 17 человек, из которых на подземных работах – 13 человек и на открытых горных работах – 4 человека. В целом удельный показатель смертельного травматизма в угольной отрасли за последние три года снизился с 0,14 до 0,039 чел./млн.тонн. Основными причинами случаев смертельного травматизма явились следующие:

1) низкая квалификация персонала: недостатки в организации и проведении подготовки работников; непроведение обучения и ознакомления с руководством по эксплуатации технических устройств;

2) нарушения технологической и трудовой дисциплины: неудовлетворительное осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности;

отсутствие контроля со стороны должностных лиц предприятия за техническим состоянием технических устройств; невыполнение требований положения о нарядной системе; несоблюдение требований проектно-технической и эксплуатационной документации.

Таким образом, необходима дальнейшая работа по повышению безопасности работников угольных предприятий, в первую очередь, путем совершенствования обучения работников охране труда, направленного на детальную идентификацию опасностей на рабочих местах и профилактику влияния «человеческого фактора» на производственный травматизм.

### 3. Новые подходы к организации обучения по охране труда

В целом, в ряде работ последних лет (например, в [8]) признается, что «опережающий» тип производственного контроля, направленный на профилактику травматизма, оказывается более экономически выгодным, принимая во внимание затраты на лечение пострадавших в результате несчастных случаев.

С целью профилактики несчастных случаев В.Е. Родин [9] отмечает необходимость обращать повышенное внимание на проводимый профотбор на травмоопасные профессии. Для повышения качества подбора персонала, в частности, предлагается метод решающего правила на основе опроса экспертов и ранжировании психофизиологических качеств работников заданной специальности, выделение групп экспертов с согласованным мнением и определение весовых коэффициентов для профессионально значимых психофизиологических качеств путем опроса экспертов выбранной однородной группы [10]. Далее формируется банк тестов для обследования контингента работающих на заданную специальность и формируется решающее правило для диагностического заключения о профпригодности к данной специальности (при этом постоянно пополняется банк решающих правил для различных профессий).

Артемьев В.Б., Килин А.Б., Шаповаленко Г.Н., Ошаров А.В., Радионов С.Н., Кравчук И.Л. [11] приводят опыт разработки сценариев развития опасных производственных ситуаций, формирующих неприемлемо высокие риски травм и аварий на основе всемирного опыта, и разработку карт рисков опасных производственных ситуаций по производственным процессам и операциям.

В работе [12] описывается использование предсменного тестирования на специальных терминалах ежедневно каждым работником.

Работнику предлагается решить задачу, связанную с безопасностью труда, и предлагаются три варианта решения на выбор. При правильном решении работник допускается к работе. Если же работник выбрал неправильное решение задачи, проводится корректировка его компетентности: показываются негативные последствия для него лично от его неправильных действий (ожоги, переломы и подобное). С января по август 2017 г. модуль был апробирован в АО «СУЭК-Кузбасс». В итоге, рост прогнозного уровня коэффициента травматизма позволил за 2-3 месяца предсказать всплеск травматизма на предприятии.

В статье А.В. Константинова [13] описывается опыт АО ХК «СДС-Уголь» ежеквартальных и ежемесячных «Дней безопасности», которые включают в себя: техническую учебу, заседание постоянно действующей комиссии (ПДК), на которой проводят разбор действий нарушителей требований ПБ и ОТ. В 2017 г. на предприятиях отраслевого холдинга проведено 134 заседания «День безопасности». Тематические дни по охране труда не только входят в систему обучения, но и носят функцию гибкого аудита. Данная практика хорошо зарекомендовала себя на ряде производств и способствовала снижению уровня травматизма. Эффективность проведения периодических «Дней охраны труда» с целью проверок основных объектов и составления предписания по устранению выявленных нарушений также подтверждается результатами по ОАО «Севералмаз» [14].

В работе С.Г. Гендлера, М.Л. Рудакова, Л.Ю. Самарова [15] приводится важность обратной связи от сотрудников, которая может осуществляться при помощи анкет «обратной связи». В АО «СУЭК-Кузбасс» она осуществляется с использованием «сигнального листка», с помощью которого сотрудники могут сообщить о рисках, предупреждая возможный ущерб здоровью и жизни. Авторы отмечают, что подобный опыт используется также и на ОАО «Воркутауголь».

Переходя к поведенческой модели обеспечения безопасности, следует отметить, прежде всего значение поведенческих аудитов безопасности (ПАБ), важность проведения которых является общепризнанным фактом. ПАБ по сути представляет собой интерактивный систематический и документированный процесс, который основывается на наблюдении за действиями работника во время выполнения им производственного задания, его рабочим участком (местом), а также на последующей беседе между работником и аудитором. В целях предотвраще-

ния производственного травматизма, причиной которого может послужить психологическое расстройство работника в работе [16] предлагается в рамках ПАБ оценить такую категорию наблюдения, как психологическое состояние человека. Для наблюдения разработаны следующие категории:

- правильное применение спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты;
- правильность и безопасность действий при обслуживании производственного оборудования;
- состояние инструментов и приспособления;
- порядок и условия труда на рабочем месте;
- выполнение требований инструкций, правил и процедур;
- психологическое состояние.

В результате формируется карточка поведения сотрудника. На основе экспертной оценки предлагается шкала анализа безопасного поведения работника (безопасное, потенциально опасное, опасное). Следует отметить, что в настоящее время ПАБ применяется во многих организациях на территории России, например, в ОАО «РЖД», дочерних обществах ПАО «Газпром» и ряде других.)

Риск-ориентированный подход, внедренный в деятельность органов государственного контроля (надзора), может находить свое применение и для планирования мероприятий по охране труда на предприятиях. На основании данного подхода в работе [17] предлагается разрабатывать комплекс предупреждающих и профилактических мероприятий. В ситуациях, когда травматизма не удалось избежать, необходимо детально зафиксировать обстоятельства, которые послужили реализации риска. На данном этапе важно исходить из позиции не «страха наказания», а стремления учесть полученный опыт для дальнейшего предотвращения травматизма.

В сущности, риск-ориентированный подход лежит в классификации причин, связанных с влиянием человеческого фактора на трудовую деятельность, разбитых на классы [18]:

- не знает (не обладает необходимыми профессиональными знаниями → неэффективная система обучения);
- не хочет (безответственность, пассивность, предрасположенность к риску → неэффективная система профессионального отбора);
- не может (усталость, недомогание, физические отклонения и т.д. → неэффективные ле-

чебно-профилактические мероприятия);

- не обеспечен (необеспеченность инструментами, несоответствие условий на рабочем месте → неэффективная система контроля за условиями труда).

Данная классификация позволяет выявить область, в которой необходимы корректировки или пересмотр подхода, и подобрать наиболее эффективную систему обучения.

В настоящее время не оспаривается необходимость широкого применения IT-технологий при проведении обучения по охране труда. Так, еще в 2008 году на производстве ЧерМК ОАО «Северсталь» была внедрена автоматизированная информационно-обучающая система (АИОС) «План локализации аварий». Данная система содержит различные модули и позволяет разработчикам вносить корректировки. Пользователи имеют возможность оперативно ознакомиться с необходимыми для них материалами ПЛА. Система навигации позволяет очень быстро получить доступ к любой позиции ПЛА, для каждой из которых отображается последовательность предписываемых действий. При этом текстовое описание действия сопровождается (по усмотрению разработчиков) графическими материалами, наглядно иллюстрирующими это действие. Благодаря такому подходу у обучаемого формируются ассоциации графических образов с текстом, который при этом запоминается значительно лучше [19].

В качестве примера используемых обучающих программ следует отметить программу SafeStart «Безопасность на рабочем месте» [20], а также специализированное программное обеспечение «ОЛИМПОКС: Предприятие», разработанное ООО «ТЕРМИКА», которое успешно применяют как элемент ивент-программы корпоративных мероприятий такие компании, как ПАО «НК «Роснефть», ОАО «Сургутнефтегаз», «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.» и др.

Пример подобного использования прикладных программных продуктов для электронных соревнований — сотрудничество ООО «ТЕРМИКА» и НОУ ДПО «Учебный центр подготовки работников строительного комплекса атомной отрасли» в рамках проведения интеллектуальной викторины в финале конкурса профессионального мастерства «Лучший по профессии в комплексе капитального строительства атомной отрасли». Возможности использования мобильных устройств для соревнований были продемонстрированы на VIII Международном форуме поставщиков атомной отрасли «АТО-МЕКС – 2016» [21].

Заслуживает внимания опыт АО «СУЭК» по созданию на предприятиях учебно-курсовых комбинатов (УКК) для подготовки работников по профессиям рабочих специальностей (водитель карьерного самосвала, машинист экскаватора, машинист буровой установки, слесарь по ремонту автомобилей, электрослесарь подземный, машинист горно-выемочных машин и т.д.). Главная задача УКК – качественная подготовка персонала начального уровня квалификации, переподготовка персонала и повышение квалификации (разряда, класса, категории) работников, обучение безопасным методам труда, изучение вновь вводимой техники и технологий, а также проведение ежегодного повторного обучения в процессе производственной деятельности работников [22]. УКК может оснащаться как мультимедийными комплексами, так и имитационными тренажерами [23].

Новой тенденцией в работе УКК, непосредственно связанной с профилактикой производственного травматизма, является наставничество. Традиционно наставники учат молодых работников наилучшим приемам и методам труда, помогают им овладеть профессией, знакомят с традициями коллектива. Однако в последнее время начал внедряться новый подход к организации наставничества – акцент в работе наставников делается на те профессии и виды

работ, которые связаны с повышенным уровнем риска для молодых работников, поскольку опытные работники – наставники лучше всех информированы об опасностях и рисках своих профессий. Предполагается, что данный подход будет способствовать снижению количества производственных травм (включая микротравмы) среди молодых работников.

#### Вывод

На основании краткого обзора можно заключить, что наиболее перспективными направлениями совершенствования процедуры обучения по охране труда на угледобывающих предприятиях могут являться:

1. использование IT-технологий (программных комплексов, имитационных моделей и тренажеров);
2. внедрение риск-ориентированного подхода к организации обучения, которое может реализовываться в различных формах (контроль и диагностика опасных производственных ситуаций, соревнования, наставничество, модификация программ обучения). Общим является акцент на тех профессиях и видах работ, которые характеризуются повышенным уровнем профессионального риска и требуют особого внимания при организации качественного обучения по охране труда.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Ростехнадзора от 30 ноября 2017 г. № 520 «Об утверждении Типового положения о единой системе управления промышленной безопасностью и охраной труда для организаций по добыче (переработке) угля (горючих сланцев)»: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_287578/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_287578/) (дата обращения: 10.02.2020).
2. Приказ Минтруда России от 19 августа 2016 г. № 438н «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда»: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_205968/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205968/) (дата обращения: 10.02.2020).
3. Приказ Роструда от 21 марта 2019 г. № 77. «Об утверждении методических рекомендаций по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда»: URL: [https://www.rostrud.ru/upload/iblock/cc0/21.03.2019\\_-77.pdf](https://www.rostrud.ru/upload/iblock/cc0/21.03.2019_-77.pdf) (дата обращения: 10.02.2020).
4. Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29 (ред. от 30.11.2016) «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций»: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40987/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40987/) (дата обращения: 10.02.2020).
5. ГОСТ 12.0.004-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_205144/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205144/) (дата обращения: 10.02.2020).
6. Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2018 году: Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. URL: <http://eisot.rosmintrud.ru/attachments/article/47/2018.pdf> (дата обращения: 20.10.2019).
7. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. – 410 с.
8. Грызунов В.В., Пекарчук Д.С. Качественный анализ структуры травматизма на угледобывающих объектах// Горный журнал. 2017 №10 с. 61-63.
9. Родин В.Е. О путях снижения профессиональных заболеваний и производственного травматизма// Безопасность жизнедеятельности. 2010 №1 с. 10-11.
10. Бондарев И.П., Вылегжанин О.И., Зубова Л.В. Многофункциональная компьютерная система для психофизиологического подбора на массовые профессии типа «человек-техника» // Безопасность жизнедеятельности 2010 №1 с. 33-37.
11. Артемьев В. Б., Килин А. Б., Шаповаленко Г. Н., Ошаров А. В., Радионов С. Н., Кравчук И. Л. Концепция опережающего контроля как средства существенного снижения травматизма // Уголь. 2013. №5 с. 82-86.
12. Лисовский В.В., Иванов Ю.М., Ворошилов А.С., Седельников Г.Е., Ли Хи Ун Практическое использование ме-

- тодики количественной оценки рисков травматизма «Вероятность-Вред-Риск» (ВВР) на примере АО «СУЭК-Кузбасс» // Уголь. 2018. № 12 с. 41-47.
13. Константинов А.В. Регламентация процессов как инструмент повышения безопасности на примере разреза "Назаровский" // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. №5 с. 50-57.
  14. Белый В.Н., Маслатородов С.М. Система охраны труда и промышленной безопасности в ОАО «Севералмаз» // Горный журнал. 2012. №7 с. 87-88.
  15. Гендлер С.Г., Рудаков М.Л., Самаров Л.Ю. Опыт и перспективы управления охраной труда и промышленной безопасностью на предприятиях минерально-сырьевого комплекса // Горный журнал. 2015. №5 с. 84-86.
  16. Глебова Е.В., Фомин Э.А., Иванова М.В. Количественная оценка безопасного поведения работника по результатам поведенческого аудита безопасности // Горный журнал. 2019. №3. с. 52-56.
  17. Короткий А. А., Журавлева М. А. Риск-ориентированный подход для промышленных предприятий // Безопасность жизнедеятельности. 2016. №5 с. 8-13.
  18. Васильев А.В., Аношкин Д.В. Человеческий фактор как причина аварийности и травматизма на производстве и его анализ на основе принципов системного подхода к обеспечению безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2010 №11 с. 22-25.
  19. Титов О.П., Добродей С.А., Козлов Б.И., Панов Б.В., Шабалов В.А. Автоматизированная информационно-обучающая система «план локализации аварий» // Безопасность труда в промышленности. 2010. №8 с. 44-47.
  20. Харайкин А. Безопасность превыше всего // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. №3 с. 417-422.
  21. Воробьев К.В., Ярославцева Е.Н., Грищенко Я.И., Тихомиров Д.В. Применение на промышленных предприятиях соревновательных методов обучения как способ повышения эффективности работы с персоналом // Безопасность труда в промышленности 2016. № 12. с. 62-67.
  22. К.В. Кулецкий. Профессиональное обучение на производстве // Горная Промышленность. 2014. №4 (116), с. 28-30.
  23. На Тугнуйском разрезе открыто новое помещение для Учебно-курсового комбината. URL: <http://www.suek.ru/media/news/na-tugnuyском-razreze-otkryto-novoe-pomeshchenie-dlya-uchebno-kurovovogo-kombinata/> (дата обращения: 10.02.2020).

## REFERENCES

1. Prikaz Rostekhnadzora ot 30 noiabria 2017 g. № 520 «Ob utverzhdenii Tipovogo polozheniia o yedinoi sisteme upravleniya promyshlennoy bezopasnostiu i okhranoi truda dlia organizatsii po dobyche (pererabotke) uglia (goriuchikh slantsev)» [Rostekhnadzor Order of November 30, 2017 No. 520 "On the approval of the Model Regulation on a unified system of industrial safety and labor protection for coal (petroliferous shales) extraction (processing) organizations"]. Retrieved from: [www.consultant.com/document/cons\\_doc\\_LAW\\_287578](http://www.consultant.com/document/cons_doc_LAW_287578) [in Russian].
2. Prikaz Mintruda Rossii ot 19 avgusta 2016 g. № 438n «Ob utverzhdenii Tipovogo polozheniya o sisteme upravleniya okhranoy truda» [Order of the Ministry of Labor of Russia dated August 19, 2016 No. 438n "On approval of the Model Regulation on the labor protection management system"] Retrieved from: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_205968](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205968) in Russian].
3. Prikaz Rostruda ot 21 marta 2019 g. № 77. «Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendatsiy po proverke sozdaniya i obespecheniya funktsionirovaniya sistemy upravleniya okhranoy truda» [The order of Rostrud dated March 21, 2019 No. 77. "On the approval of methodological recommendations for verifying the creation and ensuring the functioning of the labor protection management system"]. Retrieved from: [www.rostrud.ru/upload/iblock/cc0/03/21/2019\\_-\\_77.pdf](http://www.rostrud.ru/upload/iblock/cc0/03/21/2019_-_77.pdf) [in Russian].
4. Postanovleniye Mintruda Rossii, Minobrazovaniya Rossii ot 13.01.2003 № 1/29 (red. ot 30.11.2016) «Ob utverzhdenii Poryadka obucheniya po okhrane truda i proverki znaniy trebovaniy okhrany truda rabotnikov organizatsiy» [Decree of the Ministry of Labor of Russia, Ministry of Education of Russia dated 1/13/2003 No. 1/29 (as amended on November 30, 2016) "On Approving the Procedure for Training on Labor Protection and Testing of Knowledge of Requirements for Labor Protection of Organization Employees"]. Retrieved from: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40987](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40987) [in Russian].
5. GOST 12.0.004-2015. Mezhgosudarstvennyy standart. Sistema standartov bezopasnosti truda. Organizatsiya obucheniya bezopasnosti truda. Obshchiye polozheniya [GOST 12.0.004-2015. Interstate standard. Occupational safety standards system. Organization of safety training. General provisions]. Retrieved from: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_205144](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205144) [in Russian].
6. Rezultaty monitoringa usloviy i okhrany truda v Rossiyskoy Federatsii v 2018 godu: Ministerstvo truda i sotsialnoy zashchity Rossiyskoy Federatsii [Results of monitoring the conditions and labor protection in the Russian Federation in 2018: Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation]. Retrieved from: <http://eisot.rosmintrud.ru/attachments/article/47/2018.pdf> [in Russian].
7. Godovoy otchet o deyatelnosti Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2018 godu [Annual report on the activities of the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision in 2018]. Moscow: ZAO NTC PB [in Russian].
8. Gryzunov, V.V., Pekarchuk, D.S. (2017). Kachestvennyy analiz struktury travmatizma na ugledobyvayushchikh ob'yektakh [Qualitative analysis of the structure of injuries at coal mining enterprises]. Gornyy zhurnal – Mining Magazine, 10, 61-63 [in Russian].
9. Rodin, V.Ye. (2010). O putyakh snizheniya professional'nykh zabolevaniy i proizvodstvennogo travmatizma [On ways to reduce occupational diseases and occupational injuries]. Bezopasnost' zhiznedeiatel'nosti - Life Safety, 1, 10-11 [in Russian].
10. Bondapev, I.P., Vylegzhanin, O.I., & Zubova L.V. (2010). Mnogofunktsional'naya komp'yuternaya sistema dlya psikhofiziologicheskogo podbora na massovyye professii tipa «chelovek-tehnika» [A multifunctional computer system for psychophysiological selection for mass professions such as "human-machinery"] Bezopasnost' zhiznedeiatel'nosti - Life Safety, 1, 33-37 [in Russian].

11. Artem'yev, V. B., Kilin, A. B., Shapovalenko, G. N., Osharov, A. V., Radionov, S. N., & Kravchuk, I. L. (2013). Kontseptsiya operezhayushchego kontrolya kak sredstva sushchestvennogo snizheniya travmatizma [The concept of advanced control as means of significant injuries reduction]. Ugol' – Coal, 5, 82-86 [in Russian].
12. Lisovskiy, V.V., Ivanov, YU.M., Voroshilov, A.S., Sedel'nikov, G.Ye., & Li Khi Un (2018). Prakticheskoye ispol'zovaniye metodiki kolichestvennoy otsenki riskov travmatizma «Veroyatnost'-Vred-Risk» (VVR) na primere AO «SUEK-Kuzbass» [Practical use of injury risk quantitative assessment method "Probability-Harm-Risk" (VVR) using the example of AO SUEK-Kuzbass]. Ugol' – Coal, 12, 41-47 [in Russian].
13. Konstantinov, A.V. (2016). Reglamentatsiya protsessov kak instrument povysheniya bezopasnosti na primere razreza "Nazarovskiy" [Regulation of processes as a tool to improve safety on the example of the Nazarovsky open cast mine]. Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin, 5, 50-57 [in Russian].
14. Belyy, V.N., & Masloborodov, S.M. (2012). Sistema okhrany truda i promyshlennoy bezopasnosti v OAO «Severalmaz» [The system of labor protection and industrial safety at OAO Severalmaz]. Gorny Zhurnal – Mining Magazine, 7, 87-88 [in Russian].
15. Gendler, S.G., Rudakov, M.L., & Samarov, L.Yu. (2015). Opyt i perspektivy upravleniya okhrany truda i promyshlennoy bezopasnost'yu na predpriya-tiyakh mineral'no-syr'yevogo kompleksa [Experience and prospects of managing labor protection and industrial safety at the enterprises of the mineral resource complex]. Gorny Zhurnal – Mining Magazine, 5, 84-86 [in Russian].
16. Glebova, Ye.V., Fomin, E.A., & Ivanova M.V. (2019). Kolichestvennaya otsenka bezopasnogo povedeniya rabotnika po rezul'tatam povedencheskogo audita bezopasnosti [The quantitative assessment of safe employee behavior based on the results of a behavioral safety audit]. Gorny Zhurnal – Mining Magazine, 3, 52-56 [in Russian].
17. Korotkiy, A. A., & Zhuravleva, M. A. (2016). Risk-orientirovanny podkhod dlya promyshlennykh predpriyatiy [Risk-based approach for industrial enterprises]. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti - Life Safety, 5, 8-13 [in Russian].
18. Vasil'yev, A.V., & Anoshkin, D.V. (2010). Chelovecheskiy faktor kak prichina avariynosti i travmatizma na proizvodstve i yego analiz na osnove printsipov sistemnogo podkhoda k obespecheniyu bezopasnosti [The human factor as the cause of accidents and injuries in production and its analysis based on the principles of a systematic approach to ensuring safety]. Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety, 11, 22-25 [in Russian].
19. Titov, O.P., Dobrodey, S.A., Kozlov, B.I., Panov, B.V., & Shabalov, V.A.(2010). Avtomatizirovannaya informatsionno-obuchayushchaya sistema «plan lokalizatsii avariyy» [Automated information and training system "accident localization plan"]. Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety, 8, 44-47 [in Russian].
20. Kharaykin, A. (2016). Bezopasnost' prevyshe vsego [Safety above all]. Gorny informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin, 3, 417-422 [in Russian].
21. Vorob'yev, K.V., Yaroslavtseva, Ye.N., Grishchenko, Ya.I., & Tikhomirov, D.V. (2016). Primeneniye na promyshlennykh predpriyatiyakh sorevnovatel'nykh metodov obucheniya kak sposob povysheniya effektivnosti raboty s personalom [The use of competitive training methods in industrial enterprises as a way to increase the efficiency of work with personnel]. Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety, 12, 62-67 [in Russian].
22. Kuletsky, K.V. (2014). Professional'noye obucheniye na proizvodstve [Vocational training in production]. Gornaya Promyshlennost' – Mining, 4 (116), 28-30 [in Russian].
23. Na Tugnuyskom razreze otкрыto novoye pome-shcheniye dlya Uchebno-kursovogo kombinata [A new facility has been opened at the Tugnuisky open pit for the Training Center]. Retrived from: [www.suek.ru/media/news/na-tugnuyskom-razreze-otкрыto-novoe-pomeshchenie-dlya-uchebno-kursovogo-kombinata](http://www.suek.ru/media/news/na-tugnuyskom-razreze-otкрыto-novoe-pomeshchenie-dlya-uchebno-kursovogo-kombinata) [in Russian].

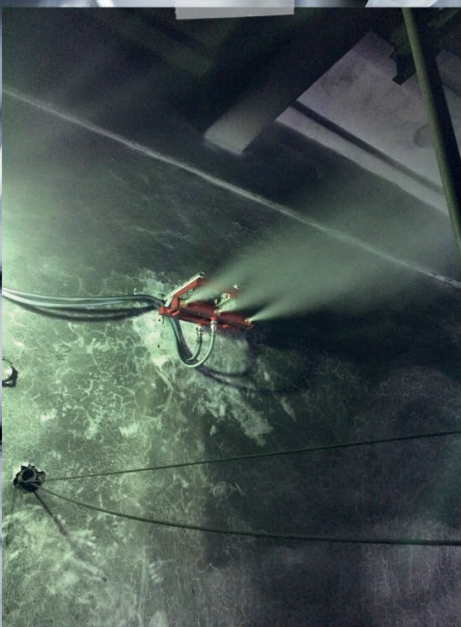


## СИСТЕМЫ ПНЕВМОГИДРООРОШЕНИЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ (ПГО)

создаёт водовоздушный туман от 3,5 мкм, который поглощает угольную, породную, рудную, органическую и другие виды пыли и препятствует её дальнейшему распространению

- Снижение расхода воды до 12 раз, рабочее давление 5 атм, расход воды от 0,5 л/мин на 1 форсунку
- Может использоваться со спец добавкой для работы при отрицательных температурах
- Снижение запыленности на 80%

Система пылеподавления разработана ГК «ВостЭКО и Горный-ЦОТ»



Установлена на Кемеровской ТЭЦ, пройдены испытания на карьере «Борок», ОФ «Тайбинская» и др промышленных объектах



**А.И. Фомин // A.I. Fomin**  
ncvostnii@yandex.ru

д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник отдела АО "НЦ ВостНИИ", Россия, 650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 3  
doctor of technical sciences, department leading scientific researcher, JSC «ScC VostNIi», 3, Institutskaya Str., Kemerovo, 650002, Russia



**В.В. Утюганова// V.V. Utyuganova**  
kvomgtu@gmail.com

аспирант, ст. преподаватель ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, пр. Мира, 11  
postgraduate student, Senior Lecturer, FGBOU VO "OmGTU", 644050, Russian Federation, Omsk, Prospect Mira, 11



**В.С. Сердюк// V.S. Serdyuk**  
vitalyserdyuk@yandex.ru

д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, пр. Мира, 11  
doctor of technical sciences, professor of FGBOU VO "OmGTU", 644050, Russian Federation, Omsk, Prospect Mira, 11

УДК 622.86;331.45

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ COAL INDUSTRY SMALL ENTERPRISES LABOR PROTECTION MANAGEMENT SYSTEM DEVELOPMENT

Уровень производственного травматизма на малых предприятиях угольной отрасли гораздо выше, чем на крупных, потому, что государство осуществляет наиболее строгий контроль за соблюдением требований охраны труда, в первую очередь, на крупных промышленных производствах, угольных компаниях в то время как малые организации выпадают из поля зрения надзорных органов. Усугубляет негативные тенденции и отношение руководителей малых предприятий к охране труда. Авторами проведено исследование в области управления охраной труда на малых предприятиях отрасли, выявлены основные проблемы, связанные с недостатком финансовых и человеческих ресурсов, отсутствием мотивации руководителей малых предприятий соблюдать требования и совершенствовать систему управления охраной труда. Для решения выявленных проблем разработаны инструменты вовлечения руководителей малых предприятий в управление охраной труда, основанные на взаимодействии с органами местного самоуправления и наделяя их дополнительными полномочиями и функциями, создании объединений (ассоциаций) работодателей, агентств и других саморегулируемых структур, а также формировании командной деятельности по управлению охраной труда внутри организации. Разработанные инструменты имеют практическую значимость для применения в управлении охраной труда на малых предприятиях угольной отрасли. Внедрение предлагаемых инструментов может иметь важное значение в реализации национального проекта «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы».

*The level of industrial injuries at small enterprises in the coal industry is much higher than at large ones, because the state exercises the most stringent control over compliance with labor protection requirements, first of all, at large industrial enterprises, coal companies, while small organizations fall out of the supervisory authorities' sight. Also small business leaders' attitude towards labor protection aggravates the negative trends.*

*The authors conducted a study in the field of OSH management in small enterprises of the industry, identified the main problems associated with a lack of financial and human resources, a lack of motivation for managers of small enterprises to comply with requirements and improve the OSH management system. To solve the identified problems, tools have been developed to involve small business leaders in OSH management, based on interaction with local governments and providing them with additional powers and functions, creating associations (associations) of employers, agencies and other self-regulatory structures, as well as forming team management activities labor protection within the organization. The developed tools are of practical importance for use in OSH management in small enterprises of the coal industry. The implementation of the proposed tools may be important in the implementation of the national project "Small and medium-sized enterprises and the support of individual entrepreneurial initiatives".*

**Ключевые слова:** УГОЛЬНАЯ ОТРАСЛЬ, УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ТРУДА, МАЛОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК.

**Key words:** COAL INDUSTRY, LABOR PROTECTION MANAGEMENT, SMALL ENTERPRISE, PROFESSIONAL RISK.

**Н**есмотря на положительную динамику, по числу смертей на рабочих местах Россия занимает первые позиции. На 100 тыс. населения нашей страны приходится около шести погибших работников в год. Для большинства стран Евросоюза (ЕС) этот показатель варьировался в пределах от нуля до трех. Так, в Великобритании показатель равен 0,8, в Украине и Румынии – около 3,8, в Литве – 4,2, Казахстане – 5, Молдове – 5,2 [1].

По данным Кемеровостата, численность пострадавших при несчастных случаях на производстве в 2018 г. составила 1 011 человек (в 2017 г. – 1 172). Из общей численности, пострадавших на производстве – 30 человек получили травмы, не совместимые с жизнью, что составило 3 % от общего количества пострадавших. Наиболее высокий уровень производственного травматизма (на 1 тыс. работающих) сложился в следующих видах экономической деятельности: строительстве – 4,6; добыче металлических руд – 4,5; добыче прочих полезных ископаемых – 5,2. При добыче угля уровень производственного травматизма составил 2,7 человека на 1 тыс. работающих [2].

Одним из источников информации для контролирующих органов, содержащих сведения о состоянии условий и охраны труда, является статистическая отчетность предприятий. За непредставление отчетных статистических форм Кодексом об административных правонарушениях предусмотрены высокие штрафы. Однако составление отчета № 7 – травматизм и сдача его в контролирующие органы не является обязательным для субъектов малого предпринимательства, которые обязаны предоставлять указанную форму только в случае попадания в выборку органов статистики [3]. Поэтому, в статистике отражены данные лишь по крупным и средним предприятиям. Субъекты малого предпринимательства передают данные на выборочной основе по установленному цензу, а микропредприятия и индивидуальные предприниматели обследованию не подлежат. В Кузбассе на сегодня доля малого и среднего предпринимательства составляет 14,5%. В 2018 году оборот малых и средних предприятий вырос на 7 %, где занято 290 тыс. кузбассовцев. В России планируется создать условия для развития сектора малого и среднего бизнеса, при этом на наш взгляд, важно обеспечить условия качествен-

ного развития малого предпринимательства, учитывающего формирование безопасных рабочих мест, а также реализацию политики, ориентированной на предупреждение травматизма и управление рисками.

Стоит отметить, что в разных структурах контролирующих органов ведется своя статистика несчастных случаев на производстве, расходов на охрану труда. Проводимый органами статистики анализ производственного травматизма на основании сведений, получаемых от организаций по выборочным видам деятельности, не отражает полной картины состояния производственного травматизма в отрасли, регионе. Так, например, Кузбасское региональное отделение Фонда социального страхования РФ ведет учет только несчастных случаев на производстве, признанных страховыми случаями. Случаи, признанные не страховыми, даже будучи оформленными актами по форме Н-1, для учета не принимаются. Таким образом, возникает проблема разрозненности статистической информации, ее неполноты. И ключевым моментом в этой проблеме, на наш взгляд, является отсутствие статистической информации по уровням травматизма и профессиональной заболеваемости предприятий малого бизнеса, составляющим немалую часть сектора экономики региона. В настоящее время в Кемеровской области ведут деятельность более 45 тысяч организаций, относящихся к малому и среднему бизнесу, причем 99 % из них – это предприятия с численностью до 100 человек (малые и микропредприятия). Кроме того, с 2016 года в России действует мораторий на плановые проверки госорганами предприятий малого бизнеса, что еще больше усугубляет выделенную проблему.

Организация деятельности на малых и микропредприятиях сосредоточена вокруг работодателя и его приоритетов. Более того, многие малые предприятия ориентируются на краткосрочные перспективы, в связи с чем у них нет мотивации ведения статистики и явного стимула к вложению средств в профилактику и развитие управления охраной труда [4]. Анализ результатов исследования показал основные проблемы в сфере развития системы управления охраной труда. Вот, наиболее важные, на наш взгляд, проблемы:

- нет осознания необходимости планирования, профилактики для долгосрочных пер-



спектив, отсутствуют стимулы к улучшению состояния охраны труда. По мнению многих работодателей, затраты, которые они несут в связи с несчастными случаями на производстве и профессиональными заболеваниями, лишь частично связаны с состоянием условий и охраны труда в организации. Работодатели в основном видят только конечный результат и могут не задумываться о значении реализации микроцелей и о достижении микрорезультатов в сфере охраны труда;

- низкий уровень культуры безопасности труда. Многие работодатели занимаются вопросами безопасности труда только из условия необходимости подготовки к плановым проверкам со стороны контролирующих и надзорных органов. Не видят необходимости получать дополнительные компетенции в области безопасности труда, перенимать опыт прогрессивных компаний, внедрять новые технологии;

- непонятны многие процедуры по охране труда, не ясны цели их реализации, нет типовых упрощенных форм. Большинство работодателей передают деятельность по охране труда своей организации на аутсорсинг и/или аутстаффинг, не вникая в детали, и тем самым никак не совершенствуя свою систему управления охраной труда. Для них – разбираться в сложной системе документации, осуществлять поиск типовых форм фиксирующей и устанавливающей документации – трудоемкие и сложные процедуры;

- низкий уровень информативности во внутренней (внутри компании) и внешней (связь с контролирующими органами, руководителями предприятий смежной и такой же отрасли, другими службами) среде;

- недостаток ресурсов – как финансовых, так и человеческих.

В системе скидок и надбавок к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний предусмотрен механизм экономического стимулирования работодателей к непрерывному улучшению условий и охраны труда. Такие меры являются стимулом только когда расходы на безопасность и охрану труда меньше обязательных платежей в ФСС РФ, т.е. когда работодатель реально видит прибыль [5]. С 2014 г. страхователь с численностью работающих до 100 человек может получить частичное финансирование мер по профилактике производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в размере 20 % от суммы страховых взносов, начисленных им за три последовательных года, за вычетом расходов

на выплату обеспечения по указанному виду страхования, произведенных страхователем за три последовательных календарных года, предшествовавших текущему финансовому году. Но с целью реального улучшения условий труда необходимы более значительные инвестиции для обновления технологий, оборудования и систем управления. Подобный уровень затрат существенно превышает платежи в системе действующего социального страхования. Также, при низком уровне информированности многие работодатели в малом бизнесе не используют и эту возможность.

Для решения выявленных проблем предлагаются следующие инструменты вовлечения руководителей малых предприятий в развитие системы управления охраной труда (СУОТ) (рис. 1), основанные на взаимодействии с органами местного самоуправления и наделении последних дополнительными полномочиями и функциями.

Начало бизнеса для большинства предпринимателей ознаменовано целым рядом трудностей, поэтому зачастую, вопросами охраны труда многие из них пренебрегают [6]. На наш взгляд, одним из первых шагов в организации бизнеса и его развития должно являться заблаговременное получение ими определенного уровня компетентности, в области охраны труда в том числе [7]. Опираясь на исследования и опыт стран ЕС, можно сделать выводы, что основными проблемами в области охраны труда на стадии планирования и организации бизнеса являются: слабая экономическая позиция; опасения по поводу экономического «выживания»; отсутствие дополнительных инвестиций в охрану труда; ограниченные знания в области управления охраной труда, неосведомленность и некомпетентность со стороны владельцев и менеджеров; отношения и приоритеты, которые не способствуют безопасности труда. Для этого в ЕС был разработан проект «Улучшение охраны труда на микро- и малых предприятиях», реализуемый в 2014 – 2018 гг. (рис.2) [8].

В рамках проекта были созданы агентства по взаимодействию с контролирующими органами, специалистами в области безопасности труда и работодателями смежных областей экономической деятельности. В результате такого взаимодействия была разработана платформа по оценке рисков (OiRA), направленная на упрощение процедуры оценки профессиональных рисков и развитие системы управления охраной труда.

В Российской Федерации, в соответствии



Рисунок 1. Инструменты вовлечения руководителей в развитие СУОТ  
 Figure 1. Tools for involving managers in the development of SOUT. Starting a business for most entrepreneurs was marked by a number of difficulties

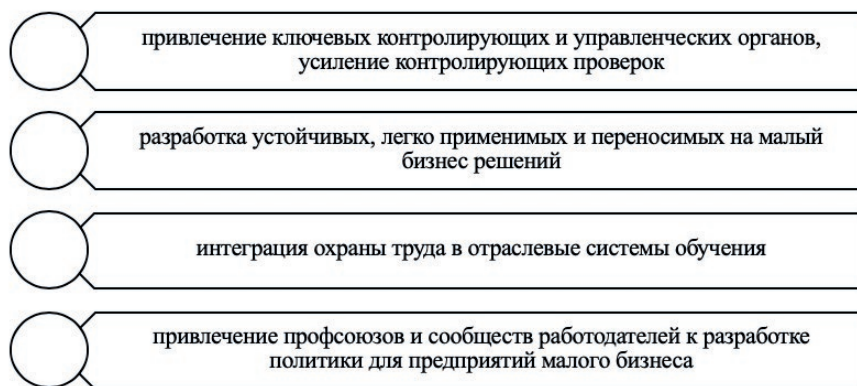


Рисунок 2. Основные принципы проекта «Улучшение охраны труда на микро- и малых предприятиях»  
 Figure 2. The basic principles of the project "Improving labor protection in micro and small enterprises"

со ст. 132 Конституции РФ и ст. 6, 7 Федерального закона «Об общих принципах местного самоуправления» [9] в компетенцию органов местного самоуправления входит решение вопросов местного значения и выполнение отдельных государственных функций, которыми они наделяются федеральными законами и законами субъектов РФ.

Так как в упомянутых выше нормативных актах никак не закреплены отдельные полномочия в области охраны труда, то принятие нормативных актов, не противоречащих положениям, установленным в документации на более высоких уровнях управления, позволит, на наш взгляд, уточнить важные аспекты в области регулирования состояния условий и охраны труда. Так, например, можно закрепить не только полномочия, но и права, необходимые для реализации указанных полномочий на основании областного закона и устава органа местного самоуправле-

ния. Возложение обязанности соблюдения требований фактически будет осуществляться не только непосредственно на работодателя, но на органы местного самоуправления, что таким образом позволит увеличить и уровень контроля, и мотивацию органов местного самоуправления улучшать состояние условий и охраны труда.

Поэтому, важным этапом в организации деятельности по управлению охраной труда и инструментом вовлечения работодателя в этот процесс является сотрудничество с органами местного самоуправления, их вовлечение в работу, а также создание, развитие и поддержка ассоциаций работодателей, агентств, позволяющих налаживать взаимоотношение во внешней среде. Для решения этих задач рекомендуется увеличить численность специалистов, осуществляющих отдельные полномочия по государственному управлению охраной труда в муниципальном образовании, наделить органы государ-

ственного местного самоуправления следующими полномочиями и закрепить их в нормативном правовом акте: создание и организация деятельности на территории соответствующего муниципального образования Координационного совета или Межведомственной комиссии по охране труда; организация сбора и обработки информации о состоянии условий и охраны труда у работодателей, осуществляющих деятельность на территории соответствующего муниципального образования; обеспечение методического руководства работой служб охраны труда в организациях, расположенных на территории соответствующего муниципального образования, подготовка методических пособий, аналитических материалов и т.п.; организация деятельности по созданию, внедрению, сопровождению специализированных программных продуктов в области охраны труда, сервисов, и новых технологий в области управления профессиональными рисками; организация деятельности по оказанию технической поддержки в области управления профессиональными рисками и др.

Однако не следует забывать, что руководитель малого предприятия обладает ограниченными временными и финансовыми ресурсами, поэтому эффективным инструментом в развитии управления охраной труда на его предприятии станет организация командной деятельности. В любой работе – командное управление с правильно организованными уровнями управления и распределением обязанностей и ответственности – существенно влияет на эффектив-

ность, скорость и качество принятия решений. Организация обратной связи с работниками и их вовлечение в управление охраной труда позволит также повысить качество управления профессиональными рисками.

Так как работодатель является в малом бизнесе лидером – то определение категории его поведения является важным этапом на пути организации командной деятельности. На наш взгляд, для эффективного ведения командной деятельности следует придерживаться соблюдения следующих правил (рис. 3).

Решение проблем, связанных с нехваткой финансовых и человеческих ресурсов, недостатком времени и возможности разобраться в сложной системе документации в области охраны труда предлагается решить путем организации деятельности координирующего органа (ассоциации/агентства/союза и т.п.). Он может оказывать как техническую поддержку руководителей малого бизнеса в области охраны труда, так и информационную, в том числе и консультационную. Разработка, внедрение и поддержка таким органом системы информационного обеспечения управления охраной труда в организации [10] позволит повысить не только качество управления охраной труда, но и эффективность надзорно-контрольной деятельности. Такая информационная система может стать элементом единой электронной информационной базы данных по состоянию условий и охраны труда, производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на федеральном и ре-



Рисунок 3. Правила эффективного ведения командной деятельности на малых предприятиях  
 Figure 3. Rules for effective teamwork in small enterprises

гиональном уровнях.

Таким образом, для улучшения условий и охраны труда на малых предприятиях угольной отрасли, снижения риска и получения объективной статистической информации по уровням травматизма и профессиональной заболеваемости, необходимо координировать работу с целью вовлечения руководителей предприятий в развитие управления охраной труда с помощью рассмотренных выше инструментов. Это может быть реализовано, в том числе на уровне органов местного самоуправления, объединения (ассоциаций) работодателей, саморегулируе-

мых организаций, отраслевых структур, агентств и других, заинтересованных в реализации государственной политики в области охраны труда, органов. Внедрение предлагаемых инструментов может иметь важное значение в реализации национального проекта «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы» по оказанию мер поддержки предпринимателю на этапах жизненного цикла развития бизнеса в рамках улучшения условий ведения предпринимательской деятельности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Россия в числе лидеров по количеству смертей на рабочем месте [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Eurasianet.org.
2. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://kemerovostat.old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/kemerovostat/ru/statistics/](http://kemerovostat.old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/kemerovostat/ru/statistics/).
3. Федеральная служба государственной статистики РФ/Производственный травматизм. Методологические пояснения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/population/trud/MET\\_travma.htm](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/trud/MET_travma.htm).
4. ViaVoice-INRS, 2015 ; P. Laine и M. Malenfer, 2015.
5. Фомин, А. И, Государственное регулирование экономического стимулирования работодателей по улучшению условий и охраны труда / А.И. Фомин, А.Н. Поздняков, С.А. Лежава, И.С. Семина // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2016. – №3. – С.88-97.
6. Walker, D. Health and safety management in small enterprises: an effective low cost approach/ Walker D., Tait R. // Safety Science. – Volume 42. – Iss. 1. – 2004. – P. 69-83.
7. Утюганова, В. В. Результаты апробации технологий практико-ориентированного обучения по охране труда / В. В. Утюганова, В. С. Сердюк // XXI век. Техносферная безопасность. – 2018. – Т. 3, № 3 (11). – С. 16-23.
8. European Agency for Safety and Health at work / [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://osha.europa.eu/en/themes/safety-and-health-micro-and-small-enterprises>.
9. Федеральный закон от 06.10.2003 N 131-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации».
10. Утюганова, В.В. Разработка принципов системного подхода к информационному обеспечению управления охраной труда/ В.В. Утюганова, В.С. Сердюк// Безопасность в техносфере. – 2018. – № 5 (74) . – С. 19-27.

#### REFERENCES

1. Rossiya v chisle liderov po kolichestvu smertey na rabochem meste [Russia is among the leaders in the number of deaths in the workplace]. Retrieved from: Eurasianet.org. [in Russian].
2. Territorial'nyy organ Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Kemerovskoy oblasti [Territorial authority of the Federal State Statistics Service for the Kemerovo Region]. Retrieved from: [http://kemerovostat.old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/kemerovostat/ru/statistics/](http://kemerovostat.old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/kemerovostat/ru/statistics/) [in Russian].
3. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki RF/Proizvodstvennyy travmatizm. Metodologicheskiye poyasneniya [Federal State Statistics Service of the Russian Federation / Industrial injuries. Methodological notes]. e: [https://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/population/trud/MET\\_travma.htm](https://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/trud/MET_travma.htm).
4. ViaVoice-INRS, 2015 ; P. Laine и M. Malenfer, 2015.
5. Fomin, A.I., Pozdnyakov, A.N., Lezhava, S.A., & Semina, I.S. (2016). Gosudarstvennoye regulirovaniye ekonomicheskogo stimulirovaniya rabotodateley po uluchsheniyu usloviy i okhrany truda [State regulation of economic incentives for employers to improve working conditions and labor protection]. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 3, 88-97 [in Russian].
6. Walker, D., & Tait, R. (2004). Health and safety management in small enterprises: an effective low cost approach/ // Safety Science. – Volume 42. – Iss. 1, p. 69-83. [in English].
7. Utiuganova, V.V., & Serdiuk, V.S. (2018). Rezul'taty aprobatsii tekhnologiy praktiko-oriyentirovannogo obucheniya po okhrane truda [Labor protection practice-oriented training technologies testing results]. XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost' - XXI Century. Technosphere safety, V. 3, 3 (11), 16-23 [in Russian].
8. European Agency for Safety and Health at work. Retrieved from: <https://osha.europa.eu/en/themes/safety-and-health-micro-and-small-enterprises> [in English].
9. Federal'nyy zakon ot 06.10.2003 N 131-FZ (red. ot 27.12.2019) «Ob obshchikh printsipakh organizatsii mestnogo samoupravleniya v Rossiyskoy Federatsii» [Federal Law of 06.10.2003 N 131-FZ (as amended on 12/27/2019) "On the General Principles of the Organization of Local Self-Government in the Russian Federation"]. [In Russian].
10. Utiuganova, V.V., & Serdiuk, V.S. (2018). Razrabotka printsipov sistemnogo podkhoda k informatsionnomu obespecheniyu upravleniya okhranoy truda [Development of principles for a systematic approach to information support for OSH management]. Bezopasnost' v tekhnosfere - Safety in the technosphere, 5 (74), 19-27 [in Russian].


**В.Б. Попов // V.V.Porov**

доктор техн. наук., профессор, академик МАНЭБ, заведующий лабораторией АО "НИИГД", 650002, Кемерово, проспект Шахтеров, 14  
 doctor of technical sciences, professor, academician of MANEB, head of the laboratory of JSC "NIIGD", 650002, Russia, Kemerovo, Prospect Shahterov, 14


**А.С. Голик // A.S.Golik**

доктор техн. наук, профессор, академик АГН, МАНЭБ, президент Регионального Сибирского отделения МАНЭБ  
 doctor of technical sciences, professor, academician of AGN, MANEB, President Of the regional Siberian branch of MANEB


**А.С. Ярош // A.S.Yaroch  
 rosniigdbuh@mail.ru**

канд. техн. наук, академик МАНЭБ, генеральный директор ООО "НИИ Горного Дела", 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1  
 candidate of technical sciences, academician of MANEB, general director of LLC "Research Institute of Mining", 650002, Russia, Kemerovo, Sosnovy Boulevard, 1

УДК 622.33 (571.17)

## К ВОПРОСУ ТЕХНИЧЕСКОГО РАССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН АВАРИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

### TO THE ISSUE OF TECHNICAL INVESTIGATION CAUSES OF ACCIDENTS IN COAL MINES

*В статье рассмотрен вопрос о необходимости обеспечения качественного технического расследования причин происшедших аварий, так как от организации их проведения, полученных результатов и сделанных выводов зависит дальнейшая политика в области промышленной безопасности и охраны труда. На примере шахты «Распадская» показано, что при существующем порядке формирования комиссий и привлеченных ими экспертных групп нет оснований ожидать всесторонних, глубоких и объективных исследований глубинных причинно-следственных связей, способствовавших созданию условий для возникновения аварии. Как правило, к этой работе привлекаются тем или иным образом причастные к решению вопросов обеспечения безопасных условий труда в угольной отрасли и, следовательно, несущие ответственность за происшедшую аварию. Поэтому они не заинтересованы в выявлении истинного положения дел и могут даже заведомо исказить обстоятельства формирования опасных условий и последующее развитие событий. Между тем, в статье при ее явно критической направленности не ставилось самоцелью предъявления кому-либо конкретных обвинений в неудовлетворительном положении с безопасностью горных работ на угольных шахтах. В ней обращено внимание на явно нерешенные проблемные вопросы и устранение отмеченных негативных факторов будет только способствовать снижению уровня аварийности в угольной отрасли. The article discusses the need to ensure a high-quality technical investigation of the causes of accidents, since the organization of their conduct, the results obtained and the conclusions drawn depend on the future policy in the field of industrial safety and labor protection. For example, mine shows that under the existing order of formation of commissions and attracted by their expert groups, there is no reason to expect an in-depth and objective studies of the deep causal relationships that contributed to the creation of conditions for the occurrence of the accident. As a rule, this work involves specialists in one way or another involved in solving issues of ensuring safe working conditions in the coal industry and, consequently, responsible for the accident. Therefore, they are not interested in revealing the true state of Affairs and may even deliberately distort the circumstances of the formation of dangerous conditions and the subsequent development of events. Meanwhile, the article, with its clearly critical orientation, did not set itself the goal of charging anyone with specific charges for the unsatisfactory situation with the safety of mining operations in coal mines. It draws attention to clearly unresolved problematic issues and the elimination of these negative factors will only contribute to reducing the level of accidents in the coal industry.*

**Ключевые слова:** ШАХТА, АВАРИЯ, ПРИЧИНЫ АВАРИИ, ЭКСПЕРТИЗА, ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕ-

НИЕ, ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ, ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ.

**Key words:** MINE, ACCIDENT, CAUSES OF ACCIDENT, EXPERTISE, EXPERT OPINION, DESIGN SOLUTION, SAFETY RULES.

**К**оличество аварий с тяжкими последствиями, произошедших за последние годы на шахтах Кузбасса («Комсомолец» - 15.05.2000, «Тайжина» - 10.04.2004, «Листвяжная» - 28.10.2004, «Есаульская» - 09.02.2004, «Ульяновская» - 19.03.2010, «Юбилейная» - 19.10.2007, «Распадская» - 08.05.2010) указывает на явное неблагополучие в вопросах безопасности подземного труда в угольной отрасли бассейна. Возникла необходимость выявления глубинных причинно-следственных связей создания такого положения.

На основании проведенного анализа установлено, что сложившаяся неудовлетворительная обстановка в обеспечении безопасности горных работ, наряду с другими влияющими факторами, обусловлена также ненадлежащей организацией технических расследований возникших аварий. Проявляющееся в подавляющем большинстве случаев недостаточное внимание этому вопросу влечет существенные негативные последствия.

Так, из-за отсутствия каких-либо официальных критериев к лицам, включаемым в комиссии и привлеченные ими экспертные группы по установлению причин, приведших к чрезвычайным ситуациям, зачастую в их состав включаются специалисты, заинтересованные либо в сокрытии истинного положения вещей, либо даже в заведомом искажении обстоятельств формирования опасных условий и последующего развития событий.

Убедительным примером такого положения являются результаты расследования аварии (взрыв метана и угольной пыли) с весьма тяжелыми последствиями, произошедшей 08.05.2010 на крупнейшей в России и считавшейся во всех отношениях образцово-показательной шахте «Распадская». Случившаяся трагедия потрясла общественность всей страны. Исходя из репутации, сформированной средствами массовой информации и данными официальных технических документов, считалось, что на указанном угледобывающем предприятии не может произойти ничего подобного. Как оказалось, даже на такой передовой шахте в вопросах техники безопасности обстояло не все благополучно. Поэтому все люди, неравнодушные к случившейся беде, были глубоко убеждены, что расследование аварии пройдет на новом качественном уровне, будут выявлены все ее основные причины и раз-

работаны в целом по отрасли меры, исключаящие повторения таких трагедий. Однако, к сожалению, несмотря на имевший место общественный резонанс, эти ожидания не оправдались.

В Государственную и привлеченную ей экспертную комиссию, как и прежде, были включены лица, ответственные за состояние безопасности работ в угольной отрасли, вследствие чего случившаяся авария была следствием именно их упущений и ожидать от них проведения всестороннего, глубокого и объективного расследования не было оснований. Так оно и получилось. Виновные лица были установлены по результатам проведенного анализа уже сложившегося на момент аварии состояния с безопасностью труда. При этом абсолютно не вскрыты изначальные причины создания условий, которые неуклонно формировали ситуацию, при которой авария становилась фактически неизбежной.

Как и следовало ожидать, ни в акте технического расследования, ни в заключении привлеченной Ростехнадзором экспертной комиссии не был отмечен ряд первостепенных и важнейших факторов, из которых особо необходимо выделить следующие. Согласно «Проекту строительства...», разработанному институтом «Сибгипрошахт» в 1966г., шахта «Распадская» должна состоять из трех обособленных технологических блоков № 3, № 4 и № 5, разделенных непрорезаемыми целиками и связанных между собой только восточным и западным полевыми штреками. Предусматривалось, что блоковые вентиляционные системы должны быть аэродинамически независимы друг от друга. Свежий воздух в каждый блок следовало подавать по своему вертикальному стволу вентилятором ВВД-40, выдачу исходящих струй на поверхность осуществлять по наклонным выработкам. Выполнение и безусловное соблюдение в дальнейшем такого проектного решения позволяли иметь общую протяженность выработок в каждом аэродинамически обособленном блоке не свыше 100-120 км, обеспечить их достаточно простую топологию и минимальное количество вентиляционных сооружений. Это предопределяло надежность и устойчивость вентиляционных режимов, исключало возникновение каких-либо проблем в управлении проветриванием шахты. На момент сдачи шахты «Распадская» в эксплуатацию в 1973 году фактическое положение по всем ее объектам и системам полностью соответство-

вало проекту. Однако в последующем ситуация коренным образом изменилась. Первоначальный проект неоднократно (1979г., 1985г., 1991г., 1998г., 2008г.) подвергался пересмотрам и уточнениям, согласованным с органами Ростехнадзора и институтами по безопасности. В них с целью сокращения объемов подготовительных и монтажно-демонтажных работ вначале допускались решения по прорезке межблоковых целиков горными выработками, в дальнейшем перешли даже к их отработке очистными забоями. Следствием реализации такой технической политики стало полное объединение всех трех блоков в одну весьма сложную по топологии и количеству составляющих ее элементов сеть. Обеспечить надежное функционирование шахтной вентиляционной системы с общей протяженностью горных выработок свыше 310 км, наличием более 200 шт. вентиляционных сооружений и подлежащих мониторингу изоляционных перемычек, объемом аэродинамически связанных выработанных пространств, заполненным метановоздушной смесью взрывчатой концентрации, исчисляемым несколькими десятками миллионов кубометров, четыремя (в 2008г дополнительно запущен вентилятор ТAF38/21,5-1 на скважине Ø 3,6м) мощными, параллельно работающими, влияющими на режимы друг друга вентиляторами, практически невозможно. Выход из строя или даже изменение аэродинамических параметров какого-либо отдельного элемента в сложившейся системе влечет за собой непредсказуемые последствия.

Положение усугублялось еще и тем обстоятельством, что проветривание очистных участков осуществлялось с применением, так называемых комбинированных схем, т. е. отводом части воздуха и выделяющегося метана через выработанные пространства на поверхность за счет общешахтной депрессии или с использованием специальных вентиляторов. При такой схеме проветривания выработанное пространство фактически используется в качестве воздухоотводящей ветви, однако ее состояние и аэродинамические параметры по известным причинам контролировать невозможно. В вентиляционном аспекте эта ветвь является неуправляемой, следовательно, обуславливается высокая вероятность проявления непредсказуемых нарушений режимов проветривания.

Кроме того, использование выработанного пространства в качестве воздухопровода несравненно повышает эндогенную пожароопасность ведущихся горных работ, так как при наличии воздушных потоков в отработанной зоне

создаются благоприятные условия для формирования очагов самовозгорания угля.

При схемах проветривания с изолированным отводом метана до 30÷45% от общего объема воздуха, поступающего на выемочный участок, направляется по выработанному пространству. При наличии достаточно большого дебита проходящей воздушно-газовой смеси концентрации оксида углерода и других индикаторных газов, указывающих на протекающий процесс окисления и формирование очагов самовозгорания угля, снижается до величин характерных, когда горения нет. В этих условиях выявить действующие в выработанном пространстве эндогенные пожары практически невозможно. Поэтому у всех причастных к этому вопросу лиц есть основание утверждать, что организация проветривания очистных участков по рассматриваемой схеме никакой опасности в части самовозгорания угля не представляет. Как следствие этому, при расследовании аварий, связанных со взрывами метана на выемочных участках, на которых применялся способ борьбы с метаном путем его изолированного отвода с помощью газоотсасывающих вентиляторов, версии об источнике воспламенения метана – эндогенном пожаре в выработанном пространстве, как правило, даже не упоминались. Обычно к источникам воспламенения относили фрикционное искрение, образующееся при внедрение резца исполнительного органа комбайна в крепкие породы, поврежденные кабели, найденные самоспасатели с разрушенными корпусами и т.д. Между тем, после происшедшего в шахте взрыва вполне объяснимо наличие поврежденных силовых электрических кабелей, пробитых и деформированных самоспасателей с выгоревшим кислородосодержащим продуктом, а фрикционное искрение в принципе возможно в каждом конкретном случае. Таким образом, истинные причины расследуемых взрывов обычно не устанавливались и это устраивало не только непосредственно работников производств, но и организаций, курирующих вопросы безопасности горных работ.

Следует отметить, что ранее, до 1976 года, «Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах» запрещалось подводить воздух к действующим очистным и подготовительным забоям, а также удалять его через завалы и обрушения. Разработанный к тому времени для высокогазобильных очистных забоев способ борьбы с метаном путем его изолированного отвода по погашенным и неиспользуемым выработкам, а также выработанному пространству допуска-

лось применять только по особому разрешению Госгортехнадзора СССР в исключительных случаях, когда при полном использовании способов и средств дегазации и вентиляции невозможно было добиться обеспечения в шахтной сети нормативных газовых показателей. Однако в дальнейшем, вследствие простоты реализации и относительно незначительными материальными затратами на создание схемы проветривания с изолированным отводом метановоздушной смеси по сравнению с системой дегазации, велось постоянное лоббирование со стороны заинтересованных структур о необходимости ее применения. В итоге, несмотря на высокую метановзрыво- и эндогенную пожароопасность она получила широкое распространение и фактически приобрела статус основной меры борьбы с метаном при отработке газообильных лав. Даже в проектах строительства и реконструкции шахт, в которые следует закладывать только такие проектные решения, которые обеспечивают безопасность горных работ, схема комбинированного проветривания выемочных участков фактически заняла доминирующее положение среди существующих методов борьбы с метаном.

В итоге вопросу дегазации, несмотря на его определяющую роль в решении проблемы снижения метанобильности угольных шахт не стало уделяться должного внимания. Серьезные научные исследования сошли на нет, резко сократился на производстве объем дегазационных работ и сейчас находится на недопустимо низком уровне. Если к концу 80-х годов число шахт в Кузбассе, постоянно применявших дегазацию, составляло около 50, то в настоящее время – около 20.

В создании такого положения, кроме вышеизложенных факторов, способствовало то обстоятельство, что в ни ранее изданных, ни в действующих нормативах нет четкого требования, когда следует применять дегазацию. В документах по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в угольной промышленности «Правилах безопасности в угольных и сланцевых шахтах» и «Инструкции по дегазации угольных шахт» условия ее применения изложены в абстрактной форме и без установления каких-либо контрольных показателей. Сказано,

что дегазация должна осуществляться в газовых шахтах, если средствами вентиляции не удастся обеспечить концентрацию метана в горных выработках в пределах установленных норм. В такой постановке вопроса производственникам предоставляется широкое поле деятельности на использование различных комбинаций способов, схем и средств проветривания для достижения требуемых результатов.

Между тем, дегазация должна оставаться главенствующим способом снижения газообильности угольных шахт, так как имеет перспективы не только в части обеспечения безопасности горных работ, но и в части добычи метана для промышленного использования. В этой связи следует принимать всесторонние меры по развитию этого направления в проблеме борьбы с метаном.

Следует отметить, что ни в одном из документов по расследованию аварии вышеизложенные, приведшие к аварии обстоятельства не были отражены.

Пользуясь случаем, считаем необходимым в очередной раз выразить наше мнение о безотлагательной первоочередной мере – следует официально запретить применение комбинированного проветривания выемочных участков с изолированным отводом метановоздушной смеси и использованием для этой цели выработанного пространства. Допускать применение этой схемы только в исключительных случаях по особому разрешению обладающих такими полномочиями соответствующих структур.

В заключение отмечаем, что в статье при ее явно критической направленности не ставилось самоцелью предъявления кому-либо конкретных обвинений в неудовлетворительном положении с безопасностью горных работ на угольных шахтах. В ней обращено внимание на явно нерешенные проблемные вопросы и устранение отмеченных негативных факторов будет только способствовать снижению уровня аварийности в угольной отрасли.

Хочется надеяться, что публикация данного материала принесет пользу общему делу – соответствующими инстанциями будут сделаны не «определенные», как обычно, а действительно необходимые в сложившейся ситуации выводы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». М., ЗАО НТЦ ПБ, 2014.
2. Инструкция по дегазации угольных шахт. М., ЗАО НТЦ ПБ, 2012
3. Васильчук М.П. Проблемы дегазации на угольных шахтах России/ В.С. Зимич, В.Б. Попов, А.М.Тимошенко/ Безопасность труда в промышленности. 2003, №11, с.32-33.
4. Инструкция по применению схем проветривания выемочных участков шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок. М., ЗАО НТЦ ПБ, 2012.



REFERENCES

1. Federal rules and regulations in the field of industrial safety " safety Rules in coal mines". Moscow, STC PB CJSC, 2014.
2. Manual for degassing coal mines. Moscow, STC PB CJSC, 2012
3. Vasilchuk M. p. Problems of degassing in coal mines of Russia / V. S. Zimich, V. B. Popov, a.m. Timoshenko/ labor Safety in industry. 2003, no. 11, p. 32-33.
4. Instructions for the use of ventilation schemes for dredging areas of mines with isolated removal of methane from the worked-out space using gas -pumping units. Moscow, STC PB CJSC, 2012.



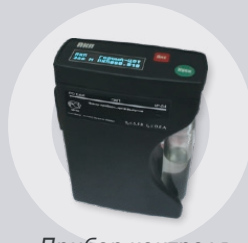
# ООО "ГОРНЫЙ-ЦОТ"

серийно производит приборы контроля параметров безопасности рудничной атмосферы угольных шахт, которые успешно эксплуатируются на предприятиях угольной отрасли. Сегодня благодаря их успешному применению на шахтах компания стала надежным звеном в решении проблем промышленной безопасности как в России, так и за ее пределами.

## ВЫПУСКАЕМЫЕ ПРИБОРЫ



Прибор контроля запыленности воздуха ПКА-01



Прибор контроля пылевзрывобезопасности горных выработок ПКП



Портативные газоанализаторы GaSense (1-,2-,3-,4-газовые)



Измеритель запыленности стационарный ИЗСТ-01



Система контроля параметров дегазационной сети СКП ДС



Стационарный анализатор контроля параметров атмосферы Gasos заперемычного пространства

INDSAFE.RU

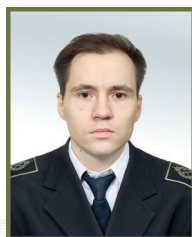
а так же оказывает услуги следующих направлений:

- ▶ разработка систем измерения климатических параметров рудничной атмосферы (температуры; влажности; скорости и направления ветра; давления);
- ▶ разработка программного обеспечения для встраиваемых систем;
- ▶ разработка приборов по индивидуальным заказам, в т.ч. по схеме по-пате;
- ▶ организация проведения ремонта вышеуказанных серийно выпускаемых приборов и их испытаний с целью поверки.

**Горный-ЦОТ является резидентом Кузбасского Технопарка.**


**О. В. Аверин // O.V. Averin**

судебный эксперт, ООО "НИИ Горного Дела", 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1  
 forensic expert LLC "Research Institute of Mining", 650002, Russia, Kemerovo, Sosnovy Boulevard, 1


**В. О. Аверин // V.O. Averin**

горный инженер, Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29  
 Mining Engineer, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic Str. 29

УДК

## К ВОПРОСУ О СУДЕБНОЙ ГОРНОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ TO THE QUESTION OF FORENSIC MINING EXPERTISE

*Безопасность работ в горной промышленности тесно связана с судебной экспертизой. Одним из спорных вопросов судебной экспертизы является проблема «классификации». Решением данного вопроса занимались видные советские и российские ученые-юристы. Со временем количество классов, родов, видов экспертиз постоянно увеличивается, при этом деление судебных экспертиз производится по различным основаниям. В настоящее время отсутствует класс экспертиз, который бы объединял все вопросы относящиеся к горной отрасли, что приводит к проблемам в поиске специалистов, многочисленным нарушениям процессуальных норм, существенным ошибкам в заключениях экспертов. В своей работе авторы предлагают вариант решения данной проблемы. Предлагается выделить все горные вопросы в отдельный класс - «Горная экспертиза», который делить на роды, виды и подвиды.*

*Предложены варианты деления класса «Горная экспертиза» на роды, определены объекты и основные вопросы по всем родам экспертизы.*

*The safety of mining is closely related to forensic expertise. One of the contentious issues of forensic expertise is the problem of their "classification". This issue was dealt with by prominent Soviet and Russian legal scholars. Over time, the number of classes, sorts, types of examinations is constantly increasing, while the division of forensic examinations is carried out on various grounds. Currently, there is no such a class of expertise that would combine all the issues related to the mining industry, which leads to problems in the search for specialists, numerous violations of procedural norms, significant errors in the conclusions of experts. In their work, the authors offer a solution of this problem. It is proposed to allocate all mining issues in a separate class - "Mining expertise" which is divided into sorts, types and subtypes. Options for dividing the class "Mining expertise" into sorts are proposed, objects and basic questions for all kinds of expertise are identified.*

**Ключевые слова:** БЕЗОПАСНОСТЬ, СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА, КЛАССИФИКАЦИЯ, ГОРНАЯ, РОДЫ, ВИДЫ.

**Key words:** SAFETY, FORENSICS, CLASSIFICATION, MINING, SORTS, TYPES

Казалось бы, какая связь между судебной экспертизой и безопасностью работ в горной промышленности, которая является сферой научных интересов данного Вестника, а связь имеется и как говорят юристы – непосредственная и заключается она в том, что в процессе выполнения работ к сожалению, происходят несчастные случаи (далее - НС) с человеческими жертвами, а выяснение непосредственных причин НС, установление лиц, которые допустили их возникновение, невозможно без проведения судебных экспертиз.

Судебная экспертиза, как довольно молодая наука имеет свои проблемные вопросы, некоторые из которых и будут исследованы в данной статье.

Один из таких спорных вопросов, это проблема упорядочения множества экспертиз, т.е. определение как наиболее рационально выполнить их «классификацию». Под классификацией экспертиз будем понимать разбиение множества экспертиз на подмножества (классы, роды, виды) по любым признакам.

Решение данного вопроса напрямую влияет на выбор эксперта, на предъявляемые к его квалификации и специальности требования. Наименование экспертизы определяет и экспертную специальность, т.е. специалисты какой отрасли знаний будут выполнять исследование.

Классификацией судебных экспертиз занимались видные советские и российские ученые-юристы, среди которых: Т.В. Аверьянова,

Р.С. Белкин, А.И. Винберг, Е.И. Галяшина А.М. Зинин, Ю.Г. Корухов, Н.П. Майлис, Е.И. Майорова, Е.Р. Россинская, А.Р.Шляхов, А.А. Эйсман и многие другие.

Так в 1962 году А.Р. Шляхов предложил объединить судебные экспертизы в класс «Криминалистические экспертизы». В предложенной Ю.Г.Коруховым классификации, деление экспертиз уже происходит на классы, роды, виды. Один из последних, по мнению автора, наиболее полный и обоснованный вариант классификации судебных экспертиз принадлежит Е.Р. Российской. В нём классификация судебных экспертиз дана с учетом объектов и решаемых задачи для давно существующих судебных экспертиз и специальных знаний для формирующихся классов, родов и видов и содержит 21 класс [33].

Анализ изменения классификации судебных экспертиз показал, что под влиянием научно-технического прогресса, интеграционных процессов в науке, со временем количество классов, родов, видов экспертиз постоянно увеличивается.

Применяемая в настоящее время классификация судебных экспертиз делит их на классы, роды, виды, подвиды; основания такой классификации в течение длительного времени являлись, да и поныне являются предметом ожесточенных научных дискуссий.

При этом классификация (деление) судебных экспертиз производится по различным основаниям: объему исследования, последовательности проведения, численности и составу экспертов, характеру (отрасли) специальных знаний и т.д.

В настоящее время отсутствует класс экспертиз, который бы объединял вопросы, относящиеся к горной отрасли, они включены в инженерно-техническую, инженерно-технологическую, инженерно-транспортную, криминалистическую, экономическую и другие классы экспертиз. Кроме того, остается много проблем при назначении экспертиз по вопросам деятельности горноспасателей, обогатителей и т.д.

Это приводит к проблемам в поиске специалистов, многочисленным нарушениям процессуальных норм, существенным ошибкам в заключениях экспертов, когда: специальность эксперта не соответствовала роду проведенного исследования, заключения были составлены лицами, не имевшими аттестации по требуемой специальности, эксперт вышел за рамки своей компетенции. Отмечены также иные нарушения

и ошибки, что в конечном итоге приводит к ошибкам в определении причин НС и лиц, их допустивших, напрямую влияет на безопасность работ в горной промышленности.

Так расследование аварии, произошедшей в 2007 году на шахте «Ульяновская» в Кузбассе, жертвами которой стали 110 человек, велось почти 6 лет; расследование аварии, произошедшей в 2010 году на шахте «Распадская», которая унесла жизни 91 человек (из них 20 горноспасателей), и где пострадало около 100 человек, также велось около 6 лет. В ходе расследования данных аварий проводились многочисленные и длительные судебные экспертизы (срок выполнения до 3 лет). В процессе назначения и выполнения данных экспертиз следственные органы сталкивались с методическими и организационными проблемами в связи с отсутствием в России единого научного экспертного центра, либо другой организации специализирующихся на выполнении подобных экспертиз, отсутствии экспертных методик, отсутствии выбора квалифицированных экспертов.

Актуальность выделения отдельно класса экспертиз, который бы вобрал в себя вопросы горной отрасли и соответствующими объектами исследования, со своим родовым и видовым делением, имеется. Данный класс экспертиз предлагается делить на роды, некоторые из которых будут иметь деление на виды и подвиды. Поскольку документы (свидетельства, сертификаты) на право производства судебных экспертиз, обычно выдаются на род или вид судебной экспертизы, к наименованию рода, вида предлагается присоединять слово «горно(ая)».

Классы экспертиз - это «наиболее динамичная, изменяющаяся категория, в наибольшей степени зависящая от интеграции и дифференциации научного знания», считаем выделение отдельного класса - «горные экспертизы» принципиально необходимым по следующим причинам:

- горная промышленность состоит из большого количества отраслей по добыче и переработке минерального сырья, руд металлов, нерудного сырья и строительных материалов; по масштабам производства она представляет собой одну из наиболее крупных отраслей промышленности; продукция горной промышленности занимает первое место по тоннажу в торговле, доля добывающих отраслей в России составляет около 15% ВВП;

- горная промышленность имеет большую специфику, вытекающую из особого назначения горных инженеров;



Рисунок 1. Вариант деления класса «Горная экспертиза» на 9 родов  
 Figure 1. Option for dividing "the mining expertise" class into 9 kinds

-горно-добывающие предприятия, как правило, расположены в малообжитых, географически удаленных районах;

-на горном предприятии необходимо создание сложной организации управления производством, требуется жесткая взаимосвязь отдельных частей производственного процесса и строгая синхронизация работы всей технологической цепочки;

-горные предприятия отличаются от предприятий других отраслей промышленности более сложными, тяжелыми и опасными условиями труда;

-горные работы, особенно подземные, требуют особого внимания к соблюдению Правил техники безопасности;

-нарушение правил безопасности при ведении, прежде всего горных работ выделено отдельной статьей в уголовном законодательстве (ст.216 Уголовного кодекса РФ);

-выделение отдельного класса-«горные экспертизы» позволит решить ряд организационных и методических проблем, в перспективе создать единый научный экспертный центр, что скажется и на результатах расследования ИС в горной промышленности и в конечном случае на количестве аварий.

Предполагается, что «Горная экспертиза» будет основываться на нескольких базовых науках и адаптирует к нуждам судебной экспертизы ряд положений теории горного дела, механики, математики, сопротивления материалов, инженерной психологии, теории систем и управле-

ния, электротехники и других наук. В рамках этого класса экспертиз будут решаться идентификационные, диагностические и ситуационные экспертные задачи. Для этого экспертами предполагается применять как стандартные экспертные методы исследования среди которых, описания, моделирования, сравнительный, а также методы ситуационного, инженерно-логического, вероятностно-статистического, логического, корреляционного анализов, метод «дерево причин» и другие методы.

На рисунке 1 приведен вариант деления класса «Горная экспертиза» на 9 родов.

Исходя из предполагаемых задач, которые будет решать данный класс экспертиз ее объектами, по нашему мнению, могут быть:

- надшахтные здания и сооружения;
- горные выработки;
- предприятия по переработке полезных ископаемых;
- предприятия по добыче полезных ископаемых открытым способом;
- объекты промышленного назначения, создаваемые в массиве горных пород;
- отвалы;
- горное и горно-шахтное оборудование;
- горный транспорт;
- процесс выполнения горных работ;
- процесс выполнения горноспасательных работ;
- средства защиты, связи и сигнализации;
- приборы и системы управления и контроля за технологическими процессами;

Таблица 1. Основные блоки вопросов судебным экспертам  
Table 1. Main blocks of questions for forensic experts

Номер блока	Предполагаемые вопросы о:
I.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-пригодности машин, оборудования, комплекса для выполнения конкретных технических операций;</li> <li>-принадлежности отдельных единиц машин, оборудования к одной группе, модели;</li> <li>-наличия дефектов у машин, оборудования, комплекса, влиянии их на качество, их допустимости;</li> <li>-соответствии машин, оборудования требованиям нормативной документации;</li> <li>-упаковке, сроках и условия хранения;</li> <li>-условиях эксплуатации, транспортирования, приемки и испытаний машин, оборудования, комплекса;</li> <li>-технических характеристиках машин, оборудования, комплекса;</li> <li>-стоимости машин, оборудования, комплекса, степени снижения их качества.</li> </ul>
II.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-действиях работников, обслуживающих горный транспорт;</li> <li>-технических характеристиках транспорта или его элементов;</li> <li>-траектории и характере движения, расположение транспорта или его элемента в момент (удара, аварии и т.д.);</li> <li>-наличия неисправностей у транспорта, их влиянии на возникновение инцидента, аварии;</li> <li>-наличия причинно-следственной связи между неисправностью и возникновением инцидента, аварии;</li> </ul>
III.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-причинах, условиях, обстоятельствах и механизме аварий или несанкционированных изменений режима функционирования строительных инженерных систем и коммуникаций;</li> <li>-характера разрушения или повреждения объекта строительства;</li> <li>-наличия причинно-следственной связи между повреждением строительного объекта и недоброкачеством использованного материала, деталей или конструкций либо исполнением подрядчиком ошибочных указаний заказчика;</li> <li>-возможности использования определенных строительных материалов без ухудшения качества выполнения строительных работ;</li> <li>-отступлениях при возведении объекта строительства от требований документов;</li> <li>-влиянии отступлении на горные объекты;</li> <li>-возможности устранения выявленные недостатки, стоимости работ, направленных на их устранение.</li> </ul>
IV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-отступлении от технологии производства горных работ;</li> <li>-технологических процессов при производстве горных работ;</li> <li>-наличия связи между снижением качества продукции горного производства и нарушения технологии производства;</li> <li>-причинах нарушений технологии горного процесса.</li> </ul>
V.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-технических характеристиках горного электрооборудования, устройств заземления и молниезащиты и соответствия их параметров;</li> <li>-токовых нагрузках горных машин, наличии токовых перегрузок;</li> <li>-наличия неполадок, дефектов в работе электрооборудования горных машин;</li> <li>-причинах аварийных явлений в работе электрооборудования.</li> </ul>
VI.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-механизме, причинах возникновения инцидента, аварии, чрезвычайной ситуации;</li> <li>-работника, допустивших отклонения от требований нормативно-правовых актов по охране труда и промышленной безопасности при выполнении горных работ, следствием чего стал инцидент, авария;</li> <li>-действиях или бездействиях находящихся в причинно-следственной связи с инцидентом, аварией;</li> </ul>
VII.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-соответствии размещения отходообогащения требованиям правил безопасности;</li> <li>-соответствии ли качества углей и продуктов их переработки требованиям нормативных документов.</li> </ul>
VIII.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-правильности определения пространственных характеристик местности и искусственных объектов;</li> <li>-наличия нарушения технологического процесса в процессе бурения скважин;</li> <li>-наличия нарушения проектно-сметной документации на производство геофизических работ;</li> <li>-правильности проведения обработки геолого-геофизических материалов.</li> </ul>
IX.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-хронологии проведения аварийно-спасательных работ и работ по ликвидации аварии;</li> <li>-лицах, которые входили в штаб по ликвидации аварии;</li> <li>-том, надлежащими ли лицами выполнялись обязанности руководителя по ликвидации аварии и руководителя горноспасательных работ;</li> <li>-оснащении снаряжением, оборудованием применяемых в аварийно-спасательных работах и работах по ликвидации аварии;</li> <li>-наличия причинно-следственной связи между необеспечением необходимым оснащением, снаряжением, оборудованием и наступившими последствиями.</li> </ul>

- инструменты, используемые при производстве горных работ;
- электрическая сети, водо и воздухопроводы, трубопроводы, газопроводы и т.д.;
- средства индивидуальной защиты;
- средства контроля и защиты;
- участки местность на которых хранятся отходы горного производства, либо на которые воздействует ведение горных работ;
- техническая документация по ведению горных работ;
- материалы уголовных, гражданских или арбитражных дел,
- схемы, рисунки, фотоснимки, изображения и т.д., связанные с ведением горных работ.

Вопросы, которые могут быть поставлены судебному(ым) эксперту(ам) по нашему мнению исходя из деления на экспертиз роды, сводятся

к решению девяти блоков вопросов. В Таблице №1 приведены основные вопросы по каждому блоку.

Выводы: в случае реализации предложений, изложенных в данной статье, а в дальнейшем и создании специализированной судебно-экспертной организации, вопрос расследования аварий на горном производстве выйдет на новый уровень, все выводы следственных органов будут подтверждены данными на основе судебных горных экспертиз.

Фактические данные, устанавливаемые судебной горной экспертизой, могут быть использованы для выдвижения версий относительно события, механизма и способа совершения деяния, способствовать правильной организации расследования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянова Т.В. Интеграция и дифференциация научных знаний как источники и основы новых методов судебной экспертизы. М., 1994.
2. Аверьянова Т.В., Белкин Р.С., Корухов Ю.Г., Россинская Е.Р. Криминалистика: Учебник для вузов. М., Норма, 2003.
3. Белкин Р.С. Криминалистика: проблемы сегодняшнего дня. Злободневные вопросы российской криминалистики. М., Норма, 2001.
4. Белкин Р.С. Криминалистическая энциклопедия. М., 2000.
5. Белкин Р.С. Курс криминалистики. М., 2001.
6. Буринский Е.Ф. Судебная экспертиза документов, производство ее и пользование ею. СПб., 1903.
7. Винберг А.И., Малаховская Н.Т. Судебная экспертология. Волгоград, 1979.
8. Мельников Н.В. Горные инженеры. Наука, М., 1981.
9. Зинин А.М., Майлис Н.П. Судебная экспертиза: Учебник. М., 2002.
10. Словарь основных терминов судебных экспертиз. М., 1980.
11. Российская Е.Р. Судебная экспертиза в уголовном, гражданском, арбитражном процессе. М., 1996.
12. Шляхов А.П. Классификация судебных экспертиз и типизация их задач. М., 1977.
13. Энциклопедия судебной экспертизы/Под ред. Т.В. Аверьяновой и Е.Р. Россинской. М., 1999.

### REFERENCES

1. Averyanova, T.V. (1994). *Integration and differentiation of scientific knowledge as sources and new methods of forensic examination*. Moscow.
2. Averyanova, T.V., Belkin, R.S., Korukhov, Y.G. & Rossinskaya, E.R. (2003). *Forensics: A textbook for universities*. Moscow: Norma.
3. Belkin, R.S. (2001). *Forensics: Today's problems. The topical questions of Russian criminology*. Moscow: Norma.
4. Belkin, R.S. (2000). *Forensic Encyclopedia*. Moscow.
5. Belkin, R.S. (2001). *Course of Forensics*. Moscow, .
6. Burinsky, E.F. (1903). *Forensic examination the documents, the production of it and the use of it*. St. Petersburg, .
7. Vinberg, A.I. & Malakhovsky, N.T. (1979). *Forensic Expertology*. Volgograd, .
8. Melnikov, N.V. (1981). *Mining Engineers. Science*, Moscow.
9. Sinin, A.M. & Miles, N.P. (2002). *Forensic: Textbook*. Moscow.
10. n.a. (1980). *A dictionary of the main terms of forensic*. Moscow, .
11. Russian, E.R. (1996). *Forensic of criminal, civil, arbitration proceeding*. Moscow.
12. Nobles, A.P. (1977). *Classification of forensic and typing of their tasks*. Moscow.
13. Averyanova, T.V. & Rossinskaya, E.R. (1999). *Encyclopedia of Forensics*. Moscow.



**М.Г. Рублев // M. G. RUBLEV**  
rumag@ngs.ru

кандидат биологических наук, доцент,  
ФГБОУ Сибирский государственный  
университет путей сообщения, кафедра  
«Безопасность жизнедеятельности».  
630049, г. Новосибирск, ул. Дуси  
Ковальчук, 191  
Candidate of Biological Sciences,  
Associate Professor, FGBOU Siberian  
State University of Railway Transport.  
630049, Novosibirsk, ul. Dusi Kovalchuk,  
191, dpt. "BZD"



**И.В. Пирумова //**  
**I. V. PIRUMOVA**  
Pirumova\_777@mail.ru

кандидат биологических наук, доцент,  
ФГБОУ Сибирский государственный  
университет путей сообщения, кафедра  
«Безопасность жизнедеятельности».  
630049, г. Новосибирск, ул. Дуси  
Ковальчук, 191  
Candidate of Biological Sciences,  
Associate Professor, FGBOU Siberian  
State University of Railway Transport.  
630049, Novosibirsk, ul. Dusi Kovalchuk,  
191, dpt. "BZD"



**В.Л. Павлова // V. L. PAVLOVA**  
p\_v\_75@mail.ru

кандидат экономических наук,  
доцент, заведующий кафедрой  
ФГБОУ Сибирский государственный  
университет путей сообщения, кафедра  
«Безопасность жизнедеятельности».  
630049, г. Новосибирск, ул. Дуси  
Ковальчук, 191  
Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor, Life Safety  
Department Head., FGBOU Siberian  
State University of Railway Transport.  
630049, Novosibirsk, ul. Dusi Kovalchuk,  
191, dpt. "BZD"

УДК 331.453

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА ПЕРСОНАЛА В ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ ДИРЕКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛОВ (ЗСИБ РДЖВ) PERSONNEL SAFETY ASSURANCE AND LABOR PROTECTION INTEGRATED SYSTEM IMPROVEMENT AT THE WEST SIBERIAN REGIONAL DIRECTORATE OF RAILWAY STATIONS (ZSIB RDZHV)

*Совершенствование комплексной системы обеспечения безопасности и охраны труда персонала в ЗСИБ РДЖВ достигается за счет проведения тщательного анализа условий и охраны труда. По результатам оценки состояния условий и охраны труда был выявлен ряд основных недостатков. Устранение этих недостатков легло в основу проекта системы безопасности. Основные элементы системы: профилактика заболеваний органов зрения и дыхания за счет применения новой маски ESAB Sentil A50 Air; профилактика ожогов (применение нового современного костюма сварщика СКИФ, краг спилковых БАРС и ботинок «Неогард» для сварочных работ); установка системы воздухоудаления на рабочее место газозлектросварщика KUA-M-2S и системы освещения; для защиты от травмирования при падении с высоты применение специальной подушки безопасности Dianese D'Air Ski.*

*Improving the integrated system for ensuring safety and protection of personnel there at the ZSIB RDZhV is achieved through conditions and labor protection thorough analysis. Based on the results of assessing the state of conditions and labor protection, a number of several main shortcomings were identified. The elimination of these shortcomings formed the basis of the safety system project. Key elements of the system: prevention of diseases of the organs of vision and breathing through the use of the new mask ESAB Sentil A50 Air; prevention of burns (the use of a new modern suit SKIF for the welder, BARS spilc cuffs and Neogard boots for welding); installation of an air removal system at the workplace of a gas-electric welder KUA-M-2S and a lighting system; to protect against a fall from a height injury, use of the Dianese D'Air Ski special airbag.*

**Ключевые слова:** ОХРАНА ТРУДА, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ, ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ, СИСТЕМЫ ВОЗДУХОУДАЛЕНИЯ, ПРОФИЛАКТИКА ОЖОГОВ, СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ, ПОДУШКА БЕЗОПАСНОСТИ.

*Keywords:* LABOR PROTECTION, OCCUPATIONAL INJURIES, OCCUPATIONAL MORBIDITY, AIR RE-

## MOVAL SYSTEMS, BURN PREVENTION, PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT, AIRBAG.

Охрана труда в современном мире имеет большое значение в связи с интенсивным развитием производственной сферы. При соблюдении ее требований и норм происходит повышение защищенности работников от опасных и вредных производственных факторов, которые негативно влияют на здоровье сотрудников, исключаются серьезные экономические убытки из-за потери рабочего времени, повышается производительность и качество труда.

По данным Росстата за 2018 год при несчастных случаях на производстве пострадало 25,4 тыс. человек. Поэтому снижение травматизма и смертности от несчастных случаев на производстве, профессиональных заболеваний, их профилактика, разработка и реализация мероприятий по улучшению условий и охраны труда были и остаются приоритетными, особенно для предприятий железнодорожной отрасли. Актуальность темы научного исследования обусловлена необходимостью совершенствования системы безопасности технологических процессов в ЗСИБ РДЖВ. Поэтому основной целью работы является создание проекта системы охраны труда и безопасности технологического процесса в ЗСИБ РДЖВ, удовлетворяющего существующим законодательным требованиям и направленного на снижение профессиональных рисков.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать итоги работы по охране труда, производственный травматизм и профессиональную заболеваемость за последние годы;
- изучить существующую комплексную систему обеспечения безопасности и охраны труда персонала РДЖВ;
- разработать новый проект системы безопасности с учетом результатов анализа травматизма для рабочих мест с вредными условиями труда;
- выполнить расчет социально-экономической эффективности разработанного проекта.

Дирекция железнодорожных вокзалов – функциональный филиал ОАО «РЖД», в ведении которого находятся все вопросы управления крупнейшими вокзалами России. На сегодняшний день в управлении ДЖВ находится 353 крупнейших вокзала России, которые сгруппированы в рамках 15 региональных структурных подразделений. Западно-Сибирская региональная дирекция железнодорожных вокзалов находится в здании вокзала «Новосибирск-Главный». В

состав этой дирекции входит 42 железнодорожных вокзала, в том числе Новосибирск-Главный, Бердск, Искитим и т.д. Штат работников на январь 2019 года составляет 919 человек, в том числе руководители – 82 человек, специалисты-89, служащие-284, рабочие-464. Основные задачи дирекции: а) услуги пассажирам и посетителям; б) реализация проектов развития вокзалов и транспортно-пересадочных узлов; в) выполнение особых функций, регулируемых действующим законодательством Российской Федерации.

Для выявления основных «узких» мест в комплексной системе обеспечения безопасности был проведен анализ производственного травматизма и заболеваемости, профилактических мероприятий, изучены результаты специальной оценки условий труда.

Анализ травматизма и заболеваемости за период с 2009-2019 годы показал, что с момента образования дирекции случаев профессиональных заболеваний, а также случаев внезапной смерти на рабочем месте и первичного выхода на инвалидность не зарегистрировано. За указанный период произошло 2 случая травмирования работников при исполнении ими должностных обязанностей: 2 апреля 2014 г. был травмирован электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 5 разряда, продолжительность временной нетрудоспособности пострадавшего составила 86 дней; 20 марта 2016 г. был травмирован станционный рабочий 2 разряда, продолжительность временной нетрудоспособности пострадавшего составила 338 дней, повреждения пострадавшего относятся к категории тяжелых производственных травм. Оба случая травмирования связаны с работой на высоте.

В ЗСИБ РДЖВ в 2018 году проведена специальная оценка условий труда в Новосибирском регионе в соответствии с [1]. По результатам специальной оценки почти все рабочие места отнесены ко второму классу условий труда, кроме рабочего места электрогазосварщика (класс 3.1).

Результаты специальной оценки условий труда рабочего места электрогазосварщика представлены в таблице 1. Работникам, занятым на вредных условиях труда, предусмотрены следующие льготы и компенсации:

- повышенная оплата труда – 4 % к окладу;
- молоко или другие равноценные пищевые продукты;



Таблица 1 Результаты проведения СОУТ на рабочем месте электрогазосварщика  
 Table 1 SOUT (Special Assessment of Working Conditions) results at the workplace of electric gas welder

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда
Химический	3.1
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	2
Шум	2
Неионизирующие излучения	3.1
Параметры микроклимата	2
Параметры световой среды	2
Тяжесть трудового процесса	2
Напряженность трудового процесса	1
Биологический	-
Инфразвук	-
Ультразвук воздушный	-
Вибрация общая	-
Вибрация локальная	-
Ионизирующие излучения	-
Итоговый класс (подкласс) условий труда	3.1

– право на досрочное назначение трудовой пенсии.

Согласно рекомендациям по улучшению условий труда, по режимам труда и отдыха, по подбору работников поставлено ограничение на применение труда работников, не достигших 18-ти летнего возраста, и применение труда женщин на данном рабочем месте [2].

Для обеспечения безопасности и предотвращения травмирования граждан (профилактика непромышленного травматизма) при нахождении их на территории или здании вокзала в ЗСИБ РДЖВ разработан и утвержден «План организационно-технических мероприятий по предупреждению случаев травмирования граждан в новосибирском регионе ЗСИБ РДЖВ», который был выполнен практически в полном объеме.

В соответствии с приказом «Об организации работы по проведению в Западно-Сибирской региональной дирекции железнодорожных вокзалов комплексной системы оценки состояния охраны труда на производственном объекте» в подразделениях дирекции проводится ежедневный (ежесменный), ежемесячный, ежеквартальный контроли [3]. Все результаты вводятся в автоматизированную комплексную систему оценки состояния охраны труда на производственном объекте – АСУ КСОТ-П [3]. По результатам проверок каждому производственному подразделению выставляются баллы соответствия: 91-100 баллов – полностью соответствует требованиям; 81-90 баллов – в основном соответствует; 61-80 баллов – частично соответствует; менее

60 баллов – не соответствует. Степени соответствия подразделений Новосибирского регионов в баллах отображены на рисунке 1. По результатам проверок все вокзалы либо в основном соответствуют, либо частично соответствуют предъявляемым требованиям безопасности.

По результатам проведенного аудита безопасности были разработаны и предложены ниже изложенные мероприятия.

Основной профессией, подверженной опасным и вредным производственным факторам, является электрогазосварщик. По химическому фактору и по фактору неионизирующих излучений установлен класс условий труда 3.1. Значения показателей ультрафиолетового излучения на сварочном посту и территории предприятия превышают норму в 6 раз. Воздействие ультрафиолетового излучения приводит к поражению роговицы, хрусталика и сетчатки глаза. Для защиты глаз от ультрафиолетового излучения в Дирекции используется защитная маска сварщика ESAB Eco-Helmets 110x90. Но, кроме ультрафиолетового излучения, электрогазосварщик должен быть защищен от вредных паров и аэрозолей. Для защиты от вредных веществ в воздухе рабочей зоны используется вытяжка на сварочном посту работника, но электрогазосварщик также выполняет работу вне поста – на территории вокзала. Чтобы защитить глаза и органы дыхания работника, предлагается замена существующей маски на маску ESAB Sentinel A50 Air с принудительной подачей чистого воздуха с помощью блока ESAB Eco Air Complete.

Маска имеет постоянную защиту от вред-

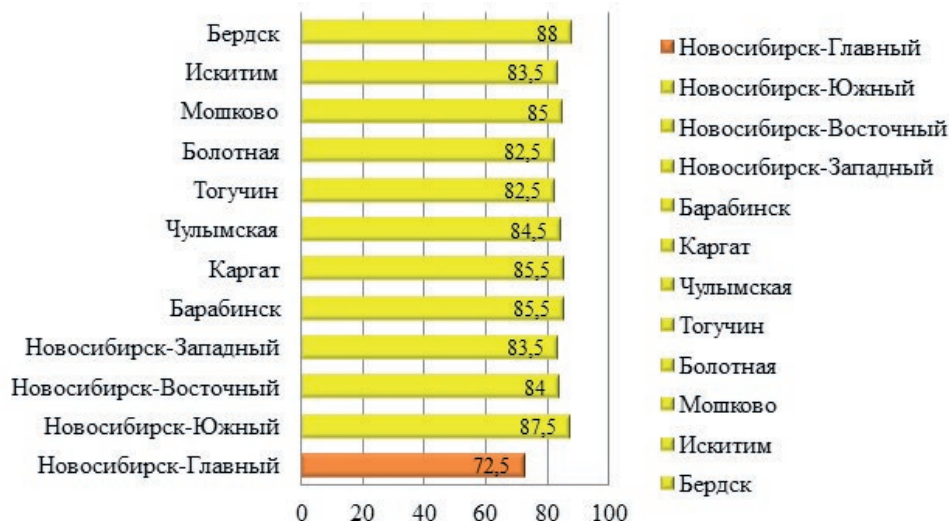


Рисунок 1. Соответствие подразделений Новосибирского региона в баллах  
 Figure 1. Correspondence of the units of the Novosibirsk region in points

ного ультрафиолетового и инфракрасного излучения в независимости от того, находится светофильтр в незатемненном, затемненном или автоматически затемняющемся состоянии.

Сравнение характеристик маски ESAB Eco-Helmets 110x90, которая используется в дирекции, с маской ESAB Sentil A50 Air отображено в таблице 2.

Из таблицы видно, что предлагаемая маска имеет немного меньшую площадь обзора и больший вес, но такие преимущества, как регулируемая степень затемнения до 13 DIN и обширная область применения делают маску более эффективной в области защиты глаз от неионизирующего излучения. Также маска ESAB Sentil A50 Air подключается к блоку подачи чистого воздуха с помощью специального шланга длиной 1 м. Такое дополнение защитит работника от вредных паров и пыли, когда применение местного вытяжного устройства невозможно.

Для электрогазосварщика опасными факторами являются повышенная температура, расплавленный металл. Температура электрической дуги достигает 4000 °С, при этом сва-

риваемые детали значительно нагреваются, и прикосновение к ним вызывает ожог. Горячая деталь внешне ничем не отличается от холодной и поэтому не воспринимается как источник опасности. Кроме того, при электросварке происходит разбрызгивание капель жидкого металла, которые, попадая на тело, вызывают ожоги. Для защиты тела от ожогов рекомендуется замена существующей спецодежды на современный костюм сварщика СКИФ, краги спилковые БАРС и ботинки «Неогард» для сварочных работ.

Для защиты электрогазосварщика от химического фактора предлагается оборудовать сварочный пост специальным столом с вытяжным зонтом. Для этого был произведен расчет параметров вытяжного устройства [4]. По результатам расчетов для защиты воздушной среды от избытка тепла и выделяющихся вредных аэрозолей и пыли при выполнении сварочных работ необходимо спроектировать вытяжной зонт площадью 3,2 м<sup>2</sup> и установить на высоте 2 м над горизонтальной поверхностью источника тепла с расходом воздуха минимум 578,96 м<sup>3</sup>/ч [4]. Таким параметрам соответствует вытяжное

Таблица 2 Сравнительная характеристика защитных масок  
 Table 2 Comparative characteristics of protective masks

Характеристики	Маска ESAB Eco-Helmets 110x90	Маска ESAB Sentil A50 Air
Площадь обзора	110x90	110x60
Степень затемнения	11 DIN	5-13 DIN, регулируется снаружи маски
Вес	484 г	640 г
Виды работ	Ручная дуговая сварка; полуавтоматическая сварка; аргонодуговая сварка	Ручная дуговая сварка; полуавтоматическая сварка; аргонодуговая сварка; плазменная резка; шлифовка

Таблица 3 Показатели эффективности разработанных мероприятий  
Table 3 Developed measures performance

Экономический показатель	Расчетная формула	Значение показателя
Затраты на средства индивидуальной защиты (СИЗ)	$E_{\text{СИЗ}} = \sum N_j \cdot C_{\text{СИЗ}j} \cdot \frac{T}{\tau_{\text{СИЗ}}} \cdot \frac{R_n(T)}{R_i(T)}$	205894 руб./ год
Затраты на средства коллективной защиты (СКЗ)	$E_{\text{СКЗ}} = \sum M_j \cdot C_{\text{СКЗ}j} \cdot \frac{R_n(T)}{R_i(T)}$	232824 руб.
Суммарные затраты на совершенствование комплексной системы безопасности	$E_{\text{сумм}} = E_{\text{СИЗ}} + E_{\text{СКЗ}}$	438718 руб.
Количество людей, которым улучшены условия труда	$P = \frac{\Delta P \cdot N}{n}$	6 чел.
Экономия от снижения льгот и компенсаций за работу во вредных условиях	$\Delta_{\text{л.к.}} = \Delta_{\text{м.}} + \Delta_{\text{надб.}}$	34320 руб./год
Рост производительности труда за счет улучшения условий труда	$\Delta\Pi = \frac{\sum_{i=1}^n P \cdot 100}{\text{Ч}_{\text{ср}} - \sum_{i=1}^n P}$	1,2%

устройство KUA-M-2S, которое эксплуатируется в составе системы вытяжной вентиляции или подключается к индивидуальному вентилятору или к фильтру воздуха. Для более комфортной работы электрогазосварщика предлагается специальный стол сварщика СС-9337-ЭОЛ, к которому подключено вытяжное устройство KUA-M-2S. Стол оборудован встроенным освещением, уровень которого был рассчитан [5] в соответствии с требуемыми нормами [6] (по результатам расчетов выбрана люминесцентная лампа LED-A60-std со световым потоком 1800 лм [5]), девятью выдвижными ящиками для хранения инструментов, решеткой с ящиком для сбора окалины, заземлением. Особенности стола являются прочность конструкции – максимальная нагрузка на столешницу 1200 кг, специальное защитное ограждение, термостойкое покрытие, сделанное специальной краской, исключающей прилипание брызг металла, и возможность комплектации с вытяжным устройством. Стол с вытяжным устройством изображен на рисунке 2. Два случая травмирования в ЗСИБ РДЖВ произошли при падении с высоты из-за нарушения порядка организации работ на высоте. Использование СИЗ от падения с высоты (предохранительные пояса и стропы) не представлялось возможным, так как работа выполнялась на лестнице, а место для присоединения карабина отсутствовало. Для профилактики травм при выполнении аналогичных работ рекомендуется дежурное средство защиты: специальная подушка безопасности Dianese D’Air Ski. На данный мо-



Рисунок 2 Стол сварщика СС-9337-ЭОЛ с вытяжным устройством KUA-M-2S  
Figure 2 Welder table SS-9337-EOL with exhaust device KUA-M-2S



Рисунок 3 Раскрытая подушка безопасности Dianese D’Air Ski  
Figure 3 – An open Dianese D’Air Ski Airbag

мент такие подушки используются в мотогонках, сноубординге и горнолыжном спорте для защиты спортсменов от травм при падении, но такую систему безопасности можно адаптировать под производственные работы. Подушка безопасности представлена на рисунке 3.

Подушка содержит 3 гироскопа, 3 акселерометра и GPS модуль. А также баллон со сжатым газом, который при активации надувает 8-литровую подушку безопасности, которая обворачивается вокруг верхней части тела человека. D'Air Ski срабатывает во всех случаях, когда движение тела выходит за рамки нормального. Например, свободное падение человека. Раскрывается подушка за 100 мс и поглощает до 60% силы удара.

Для оценки разработанных мероприятий по совершенствованию комплексной системы обеспечения безопасности и охраны труда персонала в Западно-Сибирской региональной дирекции железнодорожных вокзалов был определен социально-экономический эффект (таблица 3) [7]. На реализацию мероприятий по совершенствованию необходимо порядка 450 тыс. руб., при этом возникает ежегодная экономия от снижения льгот и компенсаций, наблюдается рост производительности труда за счет улучшения условий труда около 1,2 %. Кроме того, при проведении следующей специальной оценки условий труда возможно изменение класса условий труда для рабочего места электрогазосварщика с вредных (3.1) на допустимые (2).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».
2. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019)
3. Приказ «Об организации работы по проведению в Западно-Сибирской региональной дирекции железнодорожных вокзалов Комплексной системы оценки состояния охраны труда на производственном объекте» от 16.02.2018 №225/РДЖВ З-СИБ.
4. Воздушная среда производственных помещений: Методические указания к решению задач / Сост. Е. Д. Чернов. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. – 56 с.
5. Расчет и проектирование искусственного освещения производственных помещений и открытых площадок: Методические указания к решению задач/ Сост. Е. Д. Чернов, В. Л. Павлова. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. – 56 с.
6. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
7. Павлова В.Л. Экономика безопасности труда: Учебное пособие. – Новосибирск: Издательство СГУПС, – 2018 г. – 119 с.

#### REFERENCES

1. Federal'nyy zakon ot 28.12.2013 № 426-FZ «O spetsial'noy otsenke usloviy truda» [Federal Law of December 28, 2013 No. 426-FZ "On a Special Assessment of Working Conditions"]. [in Russian].
2. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 30.12.2001 N 197-FZ (red. ot 16.12.2019) [Labor Code of the Russian Federation dated December 30, 2001 N 197-FZ (as amended on December 16, 2019) [in Russian].
3. Prikaz «Ob organizatsii raboty po provedeniyu v Zapadno-Sibirskoy regional'noy direktsii zheleznodorozhnykh vokzalov Kompleksnoy sistemy otsenki sostoyaniya okhrany truda na proizvodstvennom ob'yekte» ot 16.02.2018 №225/RDZHV Z-SIB [Order "On the organization of work on the implementation in the West Siberian Regional Directorate of Railway Stations of the Comprehensive System for the Assessment of the State of Occupational Health and Safety at the Production Facility" dated 02.16.2018 No. 225 / RZHV Z-SIB [in Russian].
4. Chernov, Ye.D. (2009). Vozdushnaya sreda proizvodstvennykh pomeshcheniy: Metodicheskiye ukazaniya k resheniyu zadach [The air environment of industrial premises: Guidelines for solving problems] Novosibirsk: Publishing House SGUPS [in Russian].
5. Chernov, Ye.D. & Pavlova, V.L. (2009). Raschet i proyektirovaniye iskusstvennogo osveshcheniya proizvodstvennykh pomeshcheniy i otkrytykh ploshchadok: Metodicheskiye ukazaniya k resheniyu zadach [Calculation and design of artificial lighting for industrial premises and open areas: Guidelines for solving problems]. Novosibirsk: Publishing House SGUPS [in Russian].
6. SP 52.13330.2016 «Yestestvennoye i iskusstvennoye osveshcheniye». Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 23-05-95 [SP 52.13330.2016 "Natural and artificial lighting." Updated edition of SNIp 23-05-95]. [in Russian].
7. Pavlova, V.L. (2018). Ekonomika bezopasnosti truda: Uchebnoye posobiye [Labor Safety Economics: A Training Manual]. Novosibirsk: SGUPS Publishing House [in Russian].

### III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ III. TECHNOLOGICAL QUESTIONS OF MINING WORK SAFETY



■ **К. А. Кольвах// K. A. Kolvakh**  
kupijersey@yandex.ru

аспирант кафедры Безопасности производств, ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный университет", 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2.

post-graduate student of Department of Industrial safety, Saint-Petersburg Mining University (199106, Saint-Petersburg, Vasilievsky island, 21 line, h. 2.

УДК 331.438

#### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ БАЙЕСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ОБРУШЕНИЯМИ ГОРНЫХ ПОРОД, НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ BAYES THEOREM APPLICATION FOR THE COAL MINES' ROCK COLLAPSE INDIVIDUAL RISK POSSIBILITY ASSESSMENT

*Несмотря на наметившуюся тенденцию к снижению числа случаев смертельного травматизма на угольных шахтах, состояние охраны труда на данных производственных объектах остается неудовлетворительным. Исходя из этого, существует необходимость в совершенствовании методики оценки профессиональных рисков, обусловленных травмирующими факторами. В данном случае была разработана методика оценки величины индивидуального риска, обусловленного обрушениями горных пород. В статье приводятся данные по смертельному травматизму, обусловленному обрушениями горных пород на угольных шахтах страны в период 2006-2017 года, а также величины индивидуального риска смертельного травматизма на отдельных промышленных объектах. Был определен ключевой статистический показатель, оказывающий непосредственное влияние на устойчивость массива горных пород, а также было проведено его обоснование. Приводится математическая модель на основе теоремы Байеса для оценки величины индивидуального риска смертельного травматизма работников угольных шахт. Проведена обработка статистической информации, необходимой для оценки индивидуального риска. Также, в данной статье представлена классификация величины индивидуального риска смертельного травматизма работников в соответствии с частотой обрушения горных пород на угольных шахтах. На основе данной классификации устанавливается качественный показатель риска.*

*Despite the emerging trend to reduce the number of fatal injuries in coal mines, the state of labor protection at these production facilities remains unsatisfactory. Based on this, there is a need to improve the methodology for assessing occupational risks caused by traumatic factors. In this case, a method was developed for assessing the magnitude of the individual risk caused by rock collapses. The article provides data on fatal injuries caused by rock collapses in the country's coal mines in the period 2006-2017, as well as the magnitude of the individual risk of fatal injuries at individual industrial facilities. A key statistical indicator that has a direct impact on the stability of the rock mass was identified and its justification was carried out. A mathematical model based on Bayes' theorem is presented for estimating the individual risk of fatal injuries of coal mine workers. Carried out processing of statistical information required for the assessment of individual risk. Also, this article presents a classification of the individual risk of fatal injuries of workers in accordance with the frequency of rock collapse in coal mines. Based on this classification, a qualitative risk indicator is established.*

**Ключевые слова:** ТЕОРЕМА БАЙЕСА, ОБРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД, СМЕРТЕЛЬНЫЙ ТРАВМАТИЗМ, УГОЛЬНЫЕ ШАХТЫ.

**Key words:** BAYES THEOREM, ROCK COLLAPSES, FATAL INJURIES, COAL MINES, INDIVIDUAL RISK, RISK ASSESSMENT.

Согласно данным Ростехнадзора за 2017 год обрушения горных пород являются второй по распространенности причиной смертельных несчастных случаев со смертельным исходом на угольных шахтах страны. В период с 2006 по 2017 год произошло 103 смертельных несчастных случая, обусловленных данным фактором. Это составляет более 14% от общего числа случаев смертельного травматизма [1].

Вследствии обрушения горных работ на угольных шахтах более 65% несчастных случаев со смертельным исходом приходится на очистные забои (лавы), оставшаяся часть - на забои вспомогательных горных выработок. Случаи травмирования в действующих подготовительных выработках происходят в основном при перемещении крепи [1].

Уровень бифакторной опасности оценивается на основе показателя индивидуального риска  $R$  – ожидаемой частоты гибели человека в результате воздействия исследуемого травмирующего фактора [2]. Условия профессиональной деятельности возможно считать безопасными в том случае, если показатель  $R$  индивидуально-го риска для персонала станет ниже среднего значения  $R_{cp}$  и опасными, если превышает этот порог.

Среднее значение наблюдаемого индивидуального риска смертельного травмирования вследствие обрушения горных пород на угольных шахтах на 2017 год составляет  $1.9 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>. Однако на отдельных объектах данная величина принимала следующие значения:  $3 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup> (ш. Красногорская, 2014),  $3 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup> (ш. Зиминка, 2012),  $4 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup> (ш. Киселевская, 2011),  $4 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup> (ш. Северная, 2016) [2,3].

Снижение рисков на предприятиях угольной отрасли зависит от научно обоснованного прогноза с учётом отклика горно-геологической среды на опасные геомеханические и геодинамические проявления, которые обусловлены техногенными факторами. Также важную роль играет соблюдение технологической и производственной дисциплины.

Вопрос оценки индивидуального риска смертельного травматизма, обусловленного обрушениями горных пород, на сегодняшний день практически не рассматривался в трудах российских и зарубежных ученых. Данная процедура нуждается в совершенствовании. В существующем приказе Ростехнадзора №192 от 5 июня 2017 года автоматизированному мониторингу состояния горного массива в рамках многофункциональных систем безопасности (МФСБ) при-

сваивается значение -0.3 балла без конкретизации архитектуры МФСБ, что требует уточнения применительно к оценке профессиональных рисков. В связи с этим тема данного исследования является актуальной.

Методика исследования. Определение величины индивидуального риска смертельного травматизма работников угольных шахт проводится на основе теоремы Байеса. При этом использование данной формулы предполагает наличие вероятности обрушения горных пород, а также обработку статистической информации.

В качестве статистического показателя при оценке вероятности обрушения горных пород используют величину горного давления, значения которой поступают от применяемых МФСБ на угольной шахте. Полученные значения используются в математической модели на основе критерия максимального правдоподобия и позволяют оценить вероятность обрушения. Подробнее данная методика описана в [4].

При обработке статистических данных, необходимых для оценки величины индивидуального риска, используются следующие показатели: число смертельных несчастных случаев на угольных шахтах, численность работников, занятых на участках ведения горных работ, число случаев смертельного травматизма, обусловленных обрушениями горных пород.

Применительно к оценке индивидуального риска смертельного травматизма работника, обусловленного обрушениями горных пород на угольных шахтах, формула Байеса имеет следующий вид:

$$R_{\text{инд}} = \frac{AR_{\text{недоп}}}{B} \quad (1)$$

где  $A$  – доля работников, получивших смертельную травму в результате обрушения горных пород (от общего числа работников, находившихся на участке ведения работ);

$R_{\text{недоп}}$  – вероятность обрушения горных пород;

$B$  – доля случаев смертельного травматизма работников на угольных шахтах, обусловленная обрушениями горных пород;

$R_{\text{инд}}$  – вероятность того, что работник получит смертельную травму в случае обрушения горных пород.

Вероятность получения смертельной травмы работником  $A$  при нахождении его на участке, на котором ведутся горные работы, предлагается вычислять из статистических данных. За период 2013-2017 годы на угольных шахтах России произошло 23 смертельных несчастных случая, обусловленных обрушениями горных пород. В периоды, предшествующие обрушениям, на участках работало 2556 рабочих [5]. Следо-

Таблица 1. Количественные значения риска в соответствии с частотой обрушения горных пород  
 Table 1. Quantitative risk values in accordance with the rock collapse frequency

Частота обрушения горных пород на угольных шахтах	Количественное значение риска	Качественный показатель риска
Реже, чем 1 раз в 10 лет (возможно при исключительном стечении обстоятельств)	$<1 \cdot 10^{-6}$	Малозначительный риск
От 1 раза в 10 лет до 1 раза в год	$1 \cdot 10^{-6} - 2,5 \cdot 10^{-4}$	Допустимый риск
От 1 раза в год до 1 раза в месяц	$>2,5 \cdot 10^{-4}$	Недопустимый риск

вательно, величина  $A$  будет рассчитываться как отношение количества случаев смертельного травматизма к общему числу работников, занятых на участках.

$$A = \frac{23}{2556} = 0.009 \quad (2)$$

Доля случаев смертельного травматизма работников на угольных шахтах, обусловленная обрушениями горных пород, будет определяться путем обработки статистических данных. Как указывалось выше, за период 2013-2017 годы на угольных шахтах России произошло 23 смертельных несчастных случаев, обусловленных обрушениями горных пород. Всего за данный период было зафиксировано 183 смертельных несчастных случая [5]. Соответственно, величина  $B$  будет вычисляться как отношение смертельных несчастных случаев, обусловленных обрушениями горных пород, к общему числу случаев смертельного травматизма за данный период. Величина будет иметь значение 0.126.

$$B = \frac{23}{183} = 0.126 \quad (3)$$

В соответствии с частотой обрушения горных пород на угольных шахтах России предлагается ввести следующие диапазоны величины индивидуального риска (Таблица 1).

Величина  $1 \cdot 10^{-6}$ , соответствующая периодичности обрушений горных пород реже, чем 1 раз в 10 лет является максимально приемлемым уровнем индивидуального риска гибели на производстве в соответствии с международной практикой. К примеру, в Нидерландах величина

$1 \cdot 10^{-6}$  была принята в соответствии с рекомендацией Национального совета по здравоохранению [6]. Данная величина характеризует крайне малую вероятность гибели работника вследствие обрушения горных пород.

$2.5 \cdot 10^{-4}$  - среднее значение допустимого риска в профессиональной сфере деятельности в России. В среднем обрушения горных пород на угольных шахтах страны происходят от 1 раза в год до 1 раза в месяц. Исходя из того что состояние охраны труда работников предприятий данной отрасли остается неудовлетворительным, величина индивидуального риска для данного диапазона превышает это значение.

Заключение. Несмотря на наметившуюся тенденцию к снижению числа случаев смертельного травматизма на угольных шахтах, обусловленных обрушениями горных пород, их количество все еще остается крайне высоким. Следовательно, существует необходимость создания эффективной модели оценки профессионального риска, обусловленного данным фактором.

С учетом растущей роли МФСБ в обеспечении промышленной безопасности на предприятиях, ведущих добычу угля подземным способом, существует необходимость учета в разрабатываемой модели данных, поступающих от данных систем. Данная модель, разработанная также с учетом обработки статистической информации, позволяет определять прогнозные значения индивидуального риска смертельного травмирования персонала при обрушениях породы с учетом этих данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад Ростехнадзора "Состояние промышленной безопасности на опасных производственных объектах угольной промышленности" [Электронный ресурс] // URL: <https://www.nadzor-info.ru/media/blog/51260/> (дата обращения 07.03.2019).
2. Концепция приемлемого риска [Электронный ресурс] / МЧС России. – URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/terms/item/87812/>.
3. Кабанов Е.И. Разработка методики оценки рисков аварий на угольных шахтах с учетом конкретных горно-геологических условий / Г.И. Коршунов, О.И. Казанин, М.Л. Рудаков, А.О. Недосекин, Е.И. Кабанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. - № 4. – С. 374-383.
4. Рудаков М.Л., Кольвах К.А. О возможности использования критерия максимального правдоподобия в целях

оценки профессионального риска, обусловленного обрушениями горных пород при подземной добыче угля // Безопасность жизнедеятельности. – 2019. - № 8. – С. 10-13.

5. Доклад Ростехнадзора "Обстоятельства и причины несчастных случаев, произошедших в 2017 году" [Электронный ресурс] // URL: <http://usib.gosnadzor.ru/info/>.
6. Ефремов, И.В. Надежность технических систем и техногенный риск / И.В. Ефремов, Н.Н. Рахимова. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 163 с.

#### REFERENCES

1. Doklad Rostekhnadzora "Sostoianie promyshlennoi bezopasnosti na opasnykh proizvodstvennykh objektakh ugolnoi promyshlennosti [Report of Rostekhnadzor "Industrial safety status at hazardous industrial facilities of the coal industry]. Retrieved from: <https://www.nadzor-info.ru/media/blog/51260/> [in Russian].
2. Kontseptsia priemlegogo riska MCHS Rossii. [The concept of acceptable risk EMERCOM of Russia]. Retrieved from: <http://www.mchs.gov.ru/dop/terms/item/87812/>. [in Russian].
3. Korshunov, G.I., Kazanin, O.I., Rudakov, M.L., Nedosekin, A.O., & Kabanov, Ye.I. (2017). Razrabotka metodiki otsenki riskov avarii na ugolnykh shakhtakh s uchetom konkretnykh gorno-geologicheskikh uslovii [Coal mine accident risk assessing methodology development, taking into account specific mining and geological conditions]. Gornyye informatsionno-analiticheskiy biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin, 4, 374-383 [in Russian].
4. Rudakov, M.L., & Kolvakh, K.A. (2019). O vozmozhnosti ispolzovaniya kriteriya maksimalnogo pravdopodobia v tseliakh otsenki professionalnogo riska, obuslovlennogo obrusheniami gornyykh porod pri podzemnoy dobyche uglia [On the possibility of using the maximum likelihood criterion in order to assess occupational risk due to rock collapse during underground coal mining]. Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti - Life Safety, 8, 10-13 [in Russian].
5. Doklad Rostekhnadzora "Obstoyatel'stva i prichiny neschastnykh sluchai'ev, proizoshedshikh v 2017 godu" [Rostekhnadzor report "Circumstances and causes of accidents that occurred in 2017"]. Retrieved from: <http://usib.gosnadzor.ru/info/>.
6. Yefremov, I.V., & Rakhimova, N.N. (2013). Nadezhnost tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyi risk [Reliability of technical systems and anthropogenic risk]. Orenburg: OGU [in Russian].



## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ ВСТРОЕННОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ DUSTGAS



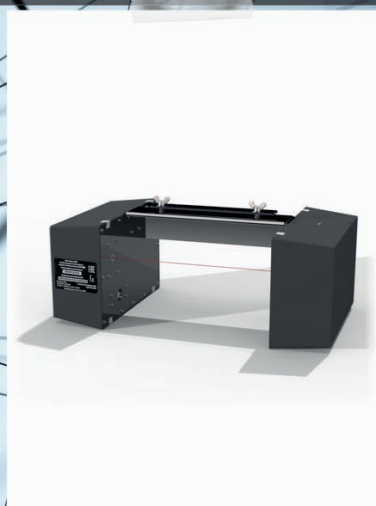
Стационарный датчик **ИЗСТ-01** для контроля рабочей зоны



Стационарный датчик **ИЗСТ-мини** для контроля пылящих грузов в полувагонах



Переносной прибор контроля запыленности **ПКА-01**



Система контроля пылеотложения, запыленности и дисперсного состава **СКИП**

ООО "Горный-ЦЮТ" [indsafe.ru](http://indsafe.ru)





**Л.Ю. ЛЕВИН // L. Yu. Levin**  
aerolog\_lev@mail.ru

доктор техн. наук, заместитель директора по научной работе "ГИ УрО РАН" Сибирская ул., 78А, Пермь  
Doctor of technical sciences, eputy director for scientific work of Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
Sibirskaya str. , 78А, Perm



**Д.Ю. Палеев // D. Yu. Paleev**  
pal07@rambler.ru

доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник отдела Аэрологии и теплофизики "ГИ УрО РАН"  
Doctor of technical sciences, leading researcher of the Department of Aerology and Thermophysics Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences



**М. А. Семин // M.A. Semin**  
seminma@outlook.com

канд. техн. наук, научный сотрудник отдела Аэрологии и теплофизики "ГИ УрО РАН" Сибирская ул., 78А, Пермь  
candidate of technical sciences, research associate of the Department of Aerology and Thermophysics Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
Sibirskaya str. , 78А, Perm

УДК 622.4

## РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В ВЫРАБОТКАХ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ ПО ФАКТОРУ ТЕПЛОВОЙ ДЕПРЕССИИ

### CALCULATION OF AIR STREAMS STABILITY IN THE WORKINGS OF MINE VENTILATION NETWORKS BY THE FACTOR OF THERMAL DEPRESSION

*Предложен алгоритм расчета аэро- и термодинамических параметров воздуха в шахтных вентиляционных сетях произвольной топологии в условиях возникновения подземных пожаров. Особенностью алгоритма является экономичный в плане времени метод расчета теплораспределения, использующий аналитические зависимости для изменения температуры воздуха в выработках вентиляционной сети от параметров соответствующих выработок. Дополнительное ускорение численного расчета достигается благодаря пересчету приращений температур только в тех выработках вентиляционной сети, в которых присутствует тепловое влияние от подземного пожара. Реализован расчет устойчивости воздушных потоков в выработках вентиляционной сети по фактору тепловой депрессии. Алгоритм реализован в виде расчетного модуля в аналитическом комплексе «АэроСеть».*

*An algorithm is proposed for calculating the aerodynamic and thermodynamic parameters of air in mine ventilation networks of arbitrary topology under the conditions of underground fires. A feature of the algorithm is a time-saving method of calculating heat distribution, using analytical dependencies to change the air temperature in the workings of the ventilation network from the parameters of the respective workings. An additional acceleration of the numerical calculation is achieved by recalculating the temperature increments only in those workings of the ventilation network in which there is a thermal effect from an underground fire. The calculation of the stability of air flows in the workings of the ventilation network by the factor of thermal depression is implemented. The algorithm is implemented as a calculation module in the AeroSet analytical complex.*

**Ключевые слова:** ШАХТНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ, ГОРНАЯ ВЫРАБОТКА, ПОДЗЕМНЫЙ ПОЖАР, ТЕПЛОВАЯ ДЕПРЕССИЯ, ЕСТЕСТВЕННАЯ ТЯГА, УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОВЕТРИВАНИЯ, РАСЧЕТ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИОННАЯ СЕТЬ.

**Key words:** MINE VENTILATION, MINE WORKING, UNDERGROUND FIRE, HEAT DEPRESSION, NATURAL DRAFT, VENTILATION STABILITY, AIR DISTRIBUTION CALCULATION, VENTILATION NETWORK.

**В** горной промышленности на протяжении последних десятилетий сохраняется тренд на возрастание мощности добычи полезных ископаемых, увели-

чение глубины отработки полезных ископаемых и площади шахтных полей [1, 2]. Вентиляционные сети шахт и рудников становятся более протяженными и разветвленными, поэтому стано-

вится сложнее проводить анализ распределения аэро- и термодинамических параметров воздуха в горных выработках вентиляционных сетей шахт и рудников.

При анализе распределения аэро- и термодинамических параметров воздуха в вентиляционных сетях отдельным важным вопросом является исследование аварийных режимов проветривания [3, 4]. Первоочередная цель таких исследований – разработка эффективных мероприятий по ликвидации аварии и нормализации параметров шахтной атмосферы [5]. С ростом количества выработок и количества аэродинамических связей между ними возрастает сложность проведения анализа аварийных ситуаций, связанных, к примеру, с возникновением и развитием подземных пожаров. Особенно сильно это проявляется в случае наличия большого количества горизонтов, расположенных на разных высотных отметках, и большого количества наклонных и вертикальных выработок. В этом случае ключевыми тепловыми факторами, определяющими распределение аэро- и термодинамических параметров, являются теплообмен с породным массивом [6, 7] и тепловая депрессия [4, 8 – 10].

В настоящей работе проводится исследование влияния тепловой депрессии, вызванной подземным пожаром, на распределение воздушных потоков в шахтных вентиляционных сетях произвольного типа. Предложен алгоритм расчета устойчивости воздушных потоков в выработках шахтных вентиляционных сетей по фактору тепловой депрессии. Особенностью алгоритма является экономичный в плане времени метод расчета теплораспределения, использующий аналитические зависимости для изменения температуры воздуха в выработках вентиляционной сети от параметров соответствующих выработок.

#### Расчет аэро- и термодинамических параметров воздуха

Рассматривается шахтная вентиляционная сеть произвольной геометрии, задаваемая в виде ориентированного графа  $G=\{V,E\}$ , где  $V$  — множество вершин, а  $E$  — множество ребер графа.  $N_E$  — общее количество вершин, а  $N_V$  — общее количество ребер графа. Ребра графа являются упрощенными аэродинамическими моделями горных выработок шахты, а вершины — моделями сопряжений горных выработок. Каждому ребру графа приписываются определенные геометрические и аэродинамические свойства соответствующей горной выработки: длина  $L$  (м), площадь поперечного сечения  $S$  (м<sup>2</sup>), пери-

метр  $P$  (м), аэродинамическое сопротивление  $R$  (Н·с<sup>2</sup>/м<sup>8</sup>), расход воздуха  $Q$  (м<sup>3</sup>/с), напор  $H$ , обусловленный источником тяги (Па), средняя плотность воздуха  $\bar{\rho}$  (кг/м<sup>3</sup>), удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении  $c_p$  (Дж/(°С·кг)), средняя температура воздуха  $\bar{T}$  (°С), перепад температур воздуха  $\Delta T$  (°С). В случае отсутствия источника тяги принимается, что  $H=0$ . Каждой вершине графа приписываются геометрические свойства: координаты  $\{x,y,z\}$  в трехмерном декартовом пространстве (м×м×м), температура  $T$  (°С), абсолютное давление  $P_a$  (Па).

Принимается, что течение воздуха в вентиляционной сети происходит под действием одного или нескольких произвольно расставленных искусственных источников тяги (например, вентиляторов). Режим течения воздуха является установившимся. Также считается, что течение воздуха происходит в поле силы тяжести, характеризующейся ускорением свободного падения  $g=9.8$  м/с<sup>2</sup>.

Стационарный расчет распределения аэро- и термодинамических параметров в шахтной вентиляционной сети основан на решении уравнений баланса массы и импульса (I и II законы Кирхгоффа), а также уравнения баланса энергии:

$$\sum_{i \in A_j} Q_i I_{ij} = 0, \quad (1)$$

$$\sum_{i \in C_k} (R_i Q_i |Q_i| - H_i - \rho_i(T_i)g\Delta h_i) D_{ik} = 0, \quad (2)$$

$$T_i^{(out)} = T_i^{(in)} + \Delta T_i = T_i^{(in)} + (T_{wi} - T_i^{(in)}) \cdot (1 - A_i(L_i)). \quad (3)$$

Здесь индексы  $i, j$  и  $k$  нумеруют ребра, вершины и независимые контуры графа соответственно;  $I$  — матрица инцидентности графа [11, 12];  $D$  — матрица контуров графа,  $\Delta h_i$  — перепад высот (по вертикальной координате  $z$ ) ребра графа, м;  $T_i^{(in)}$  — температура воздуха на входе в ребро (выработку) №  $i$ ;  $T_i^{(out)}$  — температура воздуха на выходе из ребра (выработки) №  $i$ ;  $T_{wi}$  — температура стенки выработки №  $i$ , °С; безразмерная функция  $A_i$  определяется по формуле:

$$A_i(x) = \exp\left(-\frac{\alpha_i P_i x}{\rho_i c_i Q_i}\right). \quad (4)$$

Эта функция характеризует долю теплового влияния начальной температуры воздуха в выработке  $T_i^{(in)}$  на значение температуры воздуха в точке выработки, характеризуемой координатой  $x$  (м). Величина  $A_i(L_i)$  характеризует долю теплового влияния начальной температуры воздуха в выработке  $T_i^{(in)}$  на конечное значение температуры в этой выработке  $T_i^{(out)}$ .

Согласно [13], под матрицей инцидентности  $I$  понимается прямоугольная матрица, каждый элемент  $(i, j)$  которой характеризует, явля-

ется ли узел №  $j$  начальным или конечным для ребра №  $i$ . Размерность матрицы инцидентности  $I — N_E \times N_V$ . Под матрицей контуров понимается прямоугольная матрица, элемент  $(i, k)$  которой характеризует, входит ли ребро №  $i$  в независимый контур №  $k$ . Размерность матрицы контуров  $D — N_E \times N_C$ , где  $N_C$  — общее количество независимых контуров в ориентированном графе.

Предполагается, что средняя плотность воздуха в выработке №  $i$  зависит от средней температуры воздуха в этой выработке согласно формуле:

$$\bar{\rho}_i(\bar{T}_i) = \frac{\bar{p}_i}{R_g(\bar{T}_i + 273,15)} \quad (5)$$

Здесь  $\bar{p}_i$  — среднее абсолютное давление в выработке, Па;  $R_g$  — удельная газовая постоянная, Дж/(кг·°С).

Формула (3) характеризует суммарное изменение температуры в отдельно взятой выработке. Для согласования температур в различных горных выработках вводится граничное условие:

$$T_i^{(in)} = \frac{\sum_{j \in U} Q_j T_j^{(out)}}{\sum_{j \in U} Q_j}, \quad (6)$$

где  $U$  — множество ребер, из которых воздух поступает в ребро №  $i$ .

Неоднородность температуры воздуха в сети горных выработок и, следовательно, неоднородность плотностей воздуха приводят к тому, что сумма всех перепадов гидростатического давления  $\rho_i(T_i)g\Delta h_i$  вдоль некоторого замкнутого контура вентиляционной сети, присутствующая в (2), не обращается в нуль. Получающаяся невязка представляет собой естественную тягу. Частный случай естественной тяги, когда разница температур обусловлена преимущественно факторами техногенного (неприродного) характера, называется тепловой депрессией. Примером фактора техногенного (неприродного) характера является подземный рудничный пожар.

Рудничный пожар характеризуется тепловой мощностью  $W$  (Вт). В общем случае тепловая мощность пожара должна быть функцией времени. Распределения расходов и температур воздуха при пожаре также начинают существенно меняться с течением времени. Однако в этой работе будет рассматриваться простой случай установившихся аэро- и термодинамических параметров, а в качестве тепловой мощности пожара будет использоваться ее максимальное мгновенное значение:

$$W = \max_t W(t). \quad (7)$$

Соответствующее мгновенно устанавливающееся распределение температур и расходов воздуха будет представлять собой наиболее пессимистичный случай при пожаре.

В случае наличия тепловыделений от пожара в горной выработке прирост температуры в ней будет рассчитываться по формуле, немного отличающейся от (3):

$$T_i^{(out)} = T_i^* + (T_{wi} - T_i^*) \cdot [1 - A_i(L_i - X_i)], \quad (8)$$

$$T_i^* = T_i^{(in)} + (T_{wi} - T_i^{(in)}) \cdot [1 - A_i(X_i)] + \frac{W}{\rho_i c_i Q_i}. \quad (9)$$

Здесь  $X_i \in [0, L_i]$  — координата источника возгорания в выработке №  $i$ , м.

При выводе формулы (8) предполагалось, что источник  $W$  тепловыделений от пожара находится в начале выработки. Можно было бы рассмотреть источник тепловыделений, находящийся в произвольном месте выработки, что изменило бы формулу (8). Однако случай (8) соответствует максимальной средней температуре воздуха в выработке с пожаром и поэтому представляет собой наиболее пессимистичный случай с точки зрения устойчивости проветривания.

Следует отметить, что расчет средней температуры воздуха в выработке, фигурирующей в (5), производится в результате интегрирования (3) и (8).

В случае, если до возникновения пожара температура воздуха во всех выработках была распределена однородно, задача расчета стационарного распределения температуры упрощается. Достаточно рассмотреть прирост температуры только в части горных выработок, находящихся за выработкой с пожаром, если двигаться по направлению воздушного потока. При этом не имеет смысла рассматривать все выработки за выработкой с пожаром вплоть до вентиляционных стволов и атмосферы. Достаточно взять только выработки, находящиеся за выработкой с пожаром не дальше определенного расстояния, на котором имеет место тепловое воздействие пожара. Для выработок, находящихся на большем расстоянии, тепловое влияние пожара будет нейтрализовано в первые часы после его начала за счет теплоаккумулирующих свойств массива.

Условие, определяющее зону теплового воздействия пожара, имеет вид:

$$\prod_{j \in Pth(i)} A_j(L_j) > 0,05. \quad (9)$$

Здесь  $Pth(i)$  — множество выработок, образующих неразрывный путь по направлению движения воздушного потока от места возникновения пожара до рассматриваемой выработки №  $j$ . Параметр  $A_j(L_j)$  характеризует то, во сколько раз «гасится» температурный градиент  $\Delta T = W / \rho c Q$ , созданный пожаром, при прохождении воздухом выработки №  $j$ , а произведение всех  $A_j$  вдоль пути  $Pth(i)$  от пожара до выработки №  $i$

представляет собой относительное уменьшение температурного градиента от пожара на выходе из выработки № *i*.

Следует отметить, что задача (1)—(9) решается итерационно. Это связано с тем, что при расчете распределения температур в выработках вентиляционной сети по рассчитанному ранее распределению расходов воздуха изменяются величины тепловых депрессий в контурах вентиляционной сети. Это в свою очередь приводит к необходимости пересчета распределения расходов воздуха и т. д. Количество итераций задачи (1)—(9) до ее сходимости определяется эмпирически, например, из условия

$$\left| 1 - \frac{Q_i^{n-1}}{Q_i^n} \right| < \varepsilon, \quad i \in Z_f. \quad (10)$$

Здесь *n* — номер итерации; *Z<sub>f</sub>* — множество выработок вентиляционной сети, в которых производится итерационное решение задачи (1) — (9);  $\varepsilon$  — некоторая малая безразмерная величина (например,  $\varepsilon$  может быть взят равным 0,001).

К примеру, количество итераций для вентиляционной сети, состоящей из одного контура («воздухоподающий ствол – горизонт – вентиляционный ствол – атмосфера») как функция тепловой мощности пожара в воздухоподающем стволе, представлено на рисунке 1.

Максимальное количество итераций на рисунке 1 соответствует критической тепловой мощности пожара, при которой начинает происходить опрокидывание воздушной струи. Для рассмотренной вентиляционной сети из одного контура это количество итераций составляет 17.

**Расчет устойчивости**

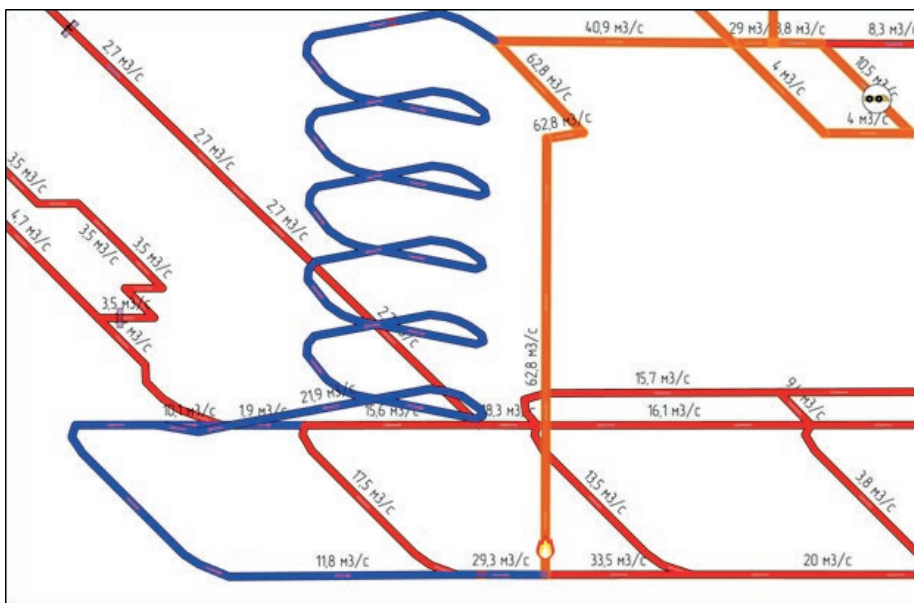


Рисунок 2. Распределение расходов воздуха в модельной вентиляционной сети при возникновении пожара в вентиляционном восстающем  
 Figure 2. Distribution of air flow in a model ventilation network in the event of a fire in a ventilation uprising

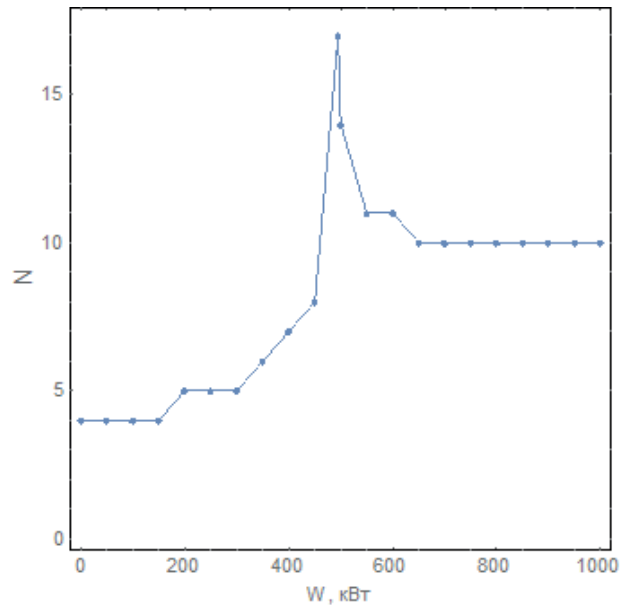


Рисунок 1. Требуемое количество итераций при расчете распределения аэро- и термодинамических параметров воздуха в простой сети как функция тепловой мощности пожара  
 Figure 1. The required number of iterations when calculating the distribution of aerodynamic and thermodynamic parameters of air in a simple network as a function of the fire thermal power

**воздухораспределения при пожаре**

Расчет устойчивости воздухораспределения в угольных шахтах при возникновении пожара, как правило, основан на критерии устойчивости — критической тепловой депрессии пожара *H<sub>T</sub>*. Принимается, что опрокидывание воздушной струи может произойти в том случае, если величина *H<sub>T</sub>* превысит критическое значение *H<sub>кр</sub>*, равное депрессии, создаваемой в рассматриваемой выработке главным вентилятором (т.е.  $H_{кр} = RQ^2$  в нормальном режиме проветривания) [14, 15].

В настоящей работе расчет устойчивости расходов воздуха осуществляется численно на основании более общих принципов — I и II законов Кирхгоффа (1) и (2), записанных для всей вентиляционной сети в целом. В результате расчета сопряженной задачи (1) — (9) рассчитывается распределение расходов и температур воздуха до пожара ( $W=0$ ) и во время пожара ( $W>0$ ). Движение воздуха в произвольной выработке №  $i$  шахтной вентиляционной сети считается устойчивым, если при наличии пожара в шахте рассчитанное направление движения воздушной струи в этой выработке не меняется по сравнению со случаем до возникновения пожара.

При решении задачи (1) — (9) направление движения в произвольной выработке шахты может измениться только в случае, если тепловая депрессия будет достаточно большой и «передавит» депрессию главного вентилятора, создаваемую в этой выработке. В этом смысле, используемое определение устойчивости воздушной струи физически эквивалентно определению [14, 15].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков Б.П., Исаевич А.Г., Мальцев С.В., Семин М.А. Автоматизированная обработка данных воздушно-депрессионной съемки для построения корректной математической модели вентиляционной сети рудников // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2016. № 1. С. 22-30.
2. Левин Л.Ю., Семин М.А., Зайцев А.В. Разработка математических методов прогнозирования микроклиматических условий в сети горных выработок произвольной топологии // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2014. № 2. С. 154-161.
3. Левин Л.Ю., Кормщиков Д.С., Семин М.А. Решение задачи оперативного расчета распределения продуктов горения в сети горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 12. С. 179-184.
4. Шалимов А.В. Численное моделирование газоздушных потоков в экстремальных ситуациях и аварийных режимов проветривания рудников и шахт // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 6. С. 84-92.
5. Васенин И.М. Газодинамический метод расчета нестационарных нормальных и аварийных режимов проветривания шахты / И.М. Васенин, В.Н. Костеренко, А.Ю. Крайнов, О.Ю. Лукашев, Д.Ю. Палеев, Э.Р. Шрагер // Пожарная безопасность. 2018. № 1. С. 32-41.
6. McPherson M.J. The analysis and simulation of heat flow into underground airways. International Journal of Mining and Geological Engineering. 1986. Vol. 4, no. 3. P. 165-195.
7. Lowndes I. S., Crossley A. J., Yang Z.-Y. The ventilation and climate modelling of rapid development tunnel drivages. Tunnelling and Underground Space Technology. 2004. 19(2). P. 139–150.
8. Алыменко Н.И., Николаев А.В. О влиянии взаимного расположения шахтных стволов на величину возникающих между ними тепловых депрессий // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 5. С. 83-90.
9. Kazakov B.P., Shalimov A.V., Semin M.A. Stability of natural ventilation mode after main fan stoppage // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. T. 86. С. 288-293.
10. Шалимов А.В., Кормщиков Д.С., Газизуллин Р.Р., Семин М.А. Моделирование динамики тепловых депрессий и ее влияния на проветривание горных выработок // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2014. Т. 13. № 12. С. 41-47.
11. van der Schaft A. Modeling of physical network systems. Systems and Control Letters. 2017. Vol. 101. P. 21-27. DOI: 10.1016/j.sysconle.2015.08.013
12. De Freitas M.A.A., Bonifácio A.S., Robbiano M., San Martín B. On matrices associated to directed graphs and applications // Linear Algebra and Its Applications. 2014. Vol. 442. P. 156-164. DOI: 10.1016/j.laa.2013.07.005
13. ГОСТ Р 52002-2003 Электротехника. Термины и определения основных понятий. 2003. 67 с.
14. Руководство по выбору эффективных режимов проветривания шахт при авариях / Кол. авторов. — Донецк: ВНИИГД, 1986. — 132 с.
15. Рекомендации по определению устойчивости проветривания наклонных выработок при пожарах / Кол. авторов. — Донецк: ВНИИГД, 1977. — 49 с.
16. Шалимов А.В., Кормщиков Д.С., Газизуллин Р.Р., Семин М.А. Моделирование динамики тепловых депрессий и ее влияния на проветривание горных выработок // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2014. Т. 13. № 12. С. 41-47

#### Численное моделирование

Численное решение задачи (1) — (9) реализовано в программном модуле аналитического комплекса «АэроСеть», разрабатываемого сотрудниками Горного института УрО РАН. Численный расчет стационарного воздухораспределения на вентиляционной сети шахты производится методом контурных расходов [3, 4]. Расчет начального распределения температуры до момента возникновения пожара производится с помощью модели идеального вытеснения, реализованной на базе метода конечных разностей [4].

Расчет проводился на модельной вентиляционной сети, состоящей из 159 выработок. Распределение расходов воздуха до момента пожара и распределение расходов воздуха, полученное в результате решения задачи (1) — (9) при возникновении пожара, представлено на рисунке 2. Сходимость итерационного алгоритма решения задачи (1) — (9) достигнута по простоте 4 итераций.



**А.А. Харионовский //**  
**A.A. Hariionovskiy**  
**info@mniiekotek.ru**

д-р техн. наук, заместитель  
 генерального директора ООО  
 "МНИИЭКО ТЭК", Россия, 614007, г.  
 Пермь, ул. Николая Островского, 60  
 doctor of technical sciences, deputy  
 director general of "MNIIEKO TEK", 60,  
 Nikolai Ostrovsky street, Perm, 614007,  
 Russia



**М.Ю. Данилова// Danilova**  
**M.Yu. danilovamarina15@**  
**mail.ru**

аспирант, Институт проблем  
 управления РАН, Россия, 117997, г.  
 Москва, ул. Профсоюзная, 65  
 postgraduate student, Institute for  
 Management Problems of the Russian  
 Academy of Sciences, Russia, 117997,  
 Moscow, Profsojuznaia St., 65

УДК 622.85:622.33

## ДОЛЕВОЕ УЧАСТИЕ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В НЕГАТИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ COAL INDUSTRY SHARE IN THE NEGATIVE ENVIRONMENTAL IMPACT

*Приведены данные о долевом участии угольной промышленности в показателях по Российской Федерации в сбросе сточных вод в водные объекты по категориям их качества, в выбросах загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, в количестве образованных, утилизированных и размещенных в накопителях отходов, в площади нарушенных и рекультивированных земель. Приведенные данные свидетельствуют о существенном негативном воздействии отрасли на окружающую среду. Наиболее высокая доля угольной промышленности в негативном воздействии на окружающую среду наблюдается в сфере земельных ресурсов и в сфере обращения с отходами. Приведены реализуемые на угольных шахтах и разрезах мероприятия по сокращению сброса загрязненных сточных вод в водные объекты и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, по сокращению количества образующихся отходов и землеемкости горных работ, по использованию отходов производства, по ускорению рекультивации нарушенных земель. Определены основные направления снижения негативного воздействия на окружающую среду. Даны технические предложения по совершенствованию природоохранной деятельности на предприятиях угольной промышленности и снижению их негативного воздействия на окружающую среду.*

*Data are given on the share of the Russian Federation coal industry in the discharge of wastewater into water facilities according to their quality categories, in the emissions of pollutants into the atmosphere from stationary sources, in the amount of generated, recycled and placed in waste storage, in the area of disturbed and reclaimed land. The data presented indicate a significant negative impact of the industry on the environment. The highest share of the coal industry in the negative impact on the environment is observed in the field of land resources and in the field of waste handling. Measures taken at underground and opencast coal mines to reduce the discharge of contaminated wastewater into water bodies and pollutant emissions into the atmosphere, measures to reduce the amount of generated waste and land absorption by mining operations, measures to use production waste, and to accelerate the restoration of disturbed lands are given. The main directions of reducing the negative impact on the environment are determined. Technical proposals are given for improving environmental protection at the enterprises of the coal industry and for reducing their negative impact on the environment.*

**Ключевые слова:** УГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, ПОКАЗАТЕЛИ, ДОЛЕВОЕ УЧАСТИЕ, СБРОС СТОЧНЫХ ВОД, ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ, ОБРАЗОВАНИЕ ОТХОДОВ, НАРУШЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

**Key words:** COAL INDUSTRY, NEGATIVE IMPACT, RESULTS, PARTICIPATION SHARE, WASTEWATER DISCHARGE, EMISSIONS IN ATMOSPHERE, WASTE GENERATION, LAND DISTURBANCE, MEASURES TAKEN, TECHNICAL PROPOSALS.

Угольная промышленность в силу специфики своей производственной деятельности вносит существенный вклад в загрязнение окружающей среды, особенно в районах с высокой концентрацией предприятий по добыче и переработке угля. Степень негативного воздействия и долевое участие

угольной промышленности в масштабах страны значительно различаются по компонентам окружающей среды.

В 2018 г. общий объем сброса сточных вод в поверхностные водоёмы Российской Федерации составил 40059,0 млн. м<sup>3</sup>. За период 2010-2018 годы объем сброса уменьшился на

18,6 % [1]. По виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" объем сброса сточных вод составил 1385,3 млн. м<sup>3</sup> или 3, % от общего объема сброса. Предприятия угольной промышленности сбросили в поверхностные водоёмы в 2018 г. 448,0 млн. м<sup>3</sup> сточных вод. За период 2010-2018 годы объем сброса сточных вод сократился на 1,5 %, а удельный объем в расчёте на 1 т добытого угля – в 1,4 раза. Долевое участие угольной промышленности в сбросе сточных вод в природные поверхностные водоёмы составило 1,1 % от объема сброса сточных вод по Российской Федерации и 32,3 % от объема сброса сточных вод по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" (таблица 1).

По сравнению с 2010 г. объем выбросов газообразных вредных веществ снизился на 7,0 %, твёрдых веществ – на 36,6 %. Преобладающая доля сокращения твёрдых веществ в общем объеме снижения выбросов объясняется относительной простотой и меньшими затратами на

их улавливание по сравнению с газообразными веществами. Выбрасываемые в атмосферу газообразные вредные вещества представлены в основном оксидом углерода (31,3 %), диоксидом серы (23,2 %) и оксидами азота (11,4 %).

Предприятиями угольной промышленности в 2018 г. выброшено в атмосферу 1110,2 тыс. т вредных веществ. За период 2010-2018 годы объем выбросов вредных веществ в атмосферу увеличился с 956 тыс. т до 1110,2 тыс. т или на 16,1 %. В отличие от показателей по Российской Федерации основное количество выброшенных в атмосферу вредных веществ (93,6 %) представлено шахтным метаном, извлекаемым из газовых шахт системами дегазации и вентиляции. Доля шахтного метана составила 86,0 % от общего количества выброшенных в атмосферу вредных веществ и 91,9 % от количества газообразных веществ. На долю твёрдых вредных веществ в выбросах в атмосферу приходится 6,4 %.

Доля вредных веществ, уловленных тех-

Таблица 1. Долевое участие угольной промышленности в сбросе сточных вод в поверхностные водоёмы в 2018 году

Table 1 - Share of the coal industry in the discharge of wastewater into surface water bodies in 2018

Категория сточных вод	Российская Федерация	Угольная промышленность	Доля угольной промышленности, %
Общий объем сброса сточных вод, млн. м <sup>3</sup>	40 059,0	448,0	1,1
Объем нормативно чистых сточных вод, млн. м <sup>3</sup>	24 885,4	28,3	0,11
Объем нормативно очищенных сточных вод, млн. м <sup>3</sup>	2 038,2	109,7	5,4
Объем загрязнённых сточных вод, млн. м <sup>3</sup>	13 135,4	310,0	2,4
из них:			
без очистки	2 366,6	78,1	3,3
недостаточно очищенных	10 768,8	231,9	2,2

Таблица 2. Долевое участие угольной промышленности в выбросах вредных (загрязняющих) веществ в атмосферу от стационарных источников в 2018 году

Table 2 - Share of the coal industry in emissions of harmful (polluting) substances into the atmosphere from stationary sources in 2018

Показатель	Российская Федерация	Угольная промышленность	Доля угольной промышленности, %
Количество отходящих вредных веществ, тыс. т	63 816,8	1 599,0	2,5
Количество уловленных вредных веществ, тыс. т	46 748,7	488,8	1,0
Количество выброшенных в атмосферу вредных веществ, тыс. т	17 068,0	1 110,2	6,5
в том числе:			
твёрдые	1 509,0	71,3	4,7
газообразные	15 559,1	1 038,9	6,7

ническими средствами очистки в объеме отходящих от стационарных источников, в Российской Федерации составляет 73,3 %, в угольной промышленности значительно меньше - 30,6 %.

Низкая эффективность улавливания и обезвреживания отходящих вредных веществ в угольной промышленности связана с тем, что поступающий из шахт дегазационный метан используется в незначительных количествах, а вентиляционный метан не извлекается из вентиляционных потоков и практически не используется. За период 2010-2018 годы эффективность улавливания и обезвреживания вредных веществ, отходящих от стационарных источников, по Российской Федерации снизилась на 21 %, а в угольной промышленности осталась на том же уровне. В результате этого долевое участие угольной промышленности в общем объеме выбросов, в выбросах твердых и выбросах газообразных вредных веществ значительно выше, чем долевое участие угольной промышленности в улавливании вредных веществ, что свидетельствует о более низких масштабах применения технических средств очистки выбросов в угольной промышленности.

В 2018 г. на территории Российской Федерации образовано 7 266,1 млн. т отходов всех классов опасности. За период 2010-2018 годы количество ежегодно образуемых отходов увеличилось на 94,5 %. Отходы V и IV классов опасности (нетоксичные и малоопасные) в общем количестве отходов в 2018 г. составили 98,24 % [1]. Наибольший объем образованных отходов в 2018 г. приходился на вид экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" – 6 850,5 млн. т, что составляет 94,2 % от общего количества образованных отходов в Российской Федерации. В угольной промышленности образовано в 2018 г. 4381,8 млн. т отходов, которые представлены в основном вскрышными и вмещающими породами угольных разрезов и шахт. Количество ежегодно образуемых отходов в угольной промышленности растёт ещё более быстрыми темпами, чем в среднем по Российской Федерации. В период 2010-2018 годы количество ежегодно образуемых отходов увеличилось в 2,1 раза. Доля угольной промышленности в образовании отходов чрезвычайно высокая и составляет 64,0 % от аналогичного показателя по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" и 60,3 % от показателя по Российской Федерации (таблица 3).

Основным способом снижения негативного воздействия отходов на окружающую среду является их утилизация. В 2018 г. в Россий-

ской Федерации утилизировано 3805,2 млн. т или 52,4 % от образованных, и обезврежено 13,2 млн. т или 0,2 % от образованных. Отходы по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" утилизированы в количестве 3 585,0 млн. т (52,3 % от образованных) и обезврежены в количестве 0,2 млн. т (0,003 % от образованных).

В угольной промышленности утилизировано и обезврежено в 2018 г. 2 334,9 млн. т или 53,3 % от образованных. Максимальное количество утилизируемых отходов по Российской Федерации по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" и в угольной промышленности относятся к V классу опасности. Обезвреживанию подвергаются преимущественно наиболее опасные отходы I и II классов опасности.

Значительная часть образующихся отходов направляется для хранения на специализированных объектах сроком более чем 11 месяцев. Количество таких отходов в 2018 г. составило по Российской Федерации 2 546,2 млн. т (55,8 % от образованных), по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" 2 372,1 млн. т (34,6 %), в угольной промышленности 1872,3 млн. т (42,7 %). За период 2010-2018 годы количество ежегодно направляемых на хранение отходов по Российской Федерации выросло на 55,8 %, в угольной промышленности - в 1,8 раза. Количество отходов, направляемых на захоронение, составило по Российской Федерации в 2018 г. 1 029,2 млн. т, в том числе по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" – 980,6 млн. т. В угольной промышленности способ захоронения отходов не применяется. Тем не менее наибольшее количество отходов, образующихся при добыче полезных ископаемых и направленных на хранение и захоронение, принадлежит угольной промышленности. Её доля в 2018 г. составляет в показателе по Российской Федерации 52,4 %, в показателе по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" - 55,8 %.

В 2018 г. в Российской Федерации в процессе выполнения различных видов работ нарушено 119 481,3 га земель промышленного назначения, лесного фонда, земель населённых пунктов, сельскохозяйственного и другого назначения [1]. Наибольшие площади земель нарушены при разработке месторождений полезных ископаемых, в том числе при добыче общераспространённых полезных ископаемых – 71 206,2 га (таблица 4).

В угольной промышленности утилизиро-



вано и обезврежено в 2018 г. 2 334,9 млн. т или 53,3 % от образованных. Максимальное количество утилизируемых отходов по Российской Федерации по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" и в угольной промышленности относятся к V классу опасности. Обезвреживанию подвергаются преимущественно наиболее опасные отходы I и II классов опасности.

Значительная часть образующихся отходов направляется для хранения на специализированных объектах сроком более чем 11 месяцев. Количество таких отходов в 2018 г. составило по Российской Федерации 2 546,2 млн. т (55,8% от образованных), по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" 2 372,1 млн. т (34,6 %), в угольной промышленности 1872,3 млн. т (42,7 %). За период 2010-2018 годы количество ежегодно направляемых на хранение отходов по Российской Федерации выросло на 55,8 %, в угольной промышленности - в 1,8 раза. Количество отходов, направляемых на захоронение, составило по Российской Федерации в 2018 г. 1 029,2 млн. т, в том числе по виду

экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" – 980,6 млн. т. В угольной промышленности способ захоронения отходов не применяется. Тем не менее наибольшее количество отходов, образующихся при добыче полезных ископаемых и направленных на хранение и захоронение, принадлежит угольной промышленности. Её доля в 2018 г. составляет в показателе по Российской Федерации 52,4 %, в показателе по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" - 55,8 %.

В 2018 г. в Российской Федерации в процессе выполнения различных видов работ нарушено 119 481,3 га земель промышленного назначения, лесного фонда, земель населённых пунктов, сельскохозяйственного и другого назначения [1]. Наибольшие площади земель нарушены при разработке месторождений полезных ископаемых, в том числе при добыче общераспространённых полезных ископаемых – 71 206,2 га (таблица 4)

В 2018 г. предприятиями угольной промышленности нарушено 10 656,6 га. Площади ежегодно нарушаемых земель растут быстрыми

Таблица 3. Долевое участие угольной промышленности в показателях обращения с отходами в 2018 году  
Table 3 - Share of the coal industry in waste handling results in 2018

Показатель	Российская Федерация	Добыча полезных ископаемых	Угольная промышленность	Доля угольной промышленности в показателях, %	
				Российская Федерация	Добыча полезных ископаемых
Количество образованных отходов, млн. т	7 266,1	6 850,5	4 381,8	60,3	64,0
Количество утилизированных и обезвреженных отходов, млн. т	3 818,0	3 585,2	2 334,9	61,1	65,1
Количество отходов, отправленных на хранение и захоронение, млн. т	3 575,4	3 352,7	1 872,3	52,4	55,8
Количество накопленных отходов, млрд. т	42,4	н.д.	21,5	50,7	н.д.

Таблица 4 – Долевое участие угольной промышленности в показателях охраны земельных ресурсов в 2018 году  
Table 4 - Share of the coal industry in the results of land preservation in 2018

Показатель	Российская Федерация	Добыча полезных ископаемых	Угольная промышленность	Доля угольной промышленности в показателях, %	
				Российская Федерация	Добыча полезных ископаемых
Площадь нарушенных земель, га	119 481,3	71 206,2	10 656,6	8,9	15,0
Площадь рекультивированных земель, га	59 397,5	23 637,4	589,5	1,0	2,5
Наличие нарушенных земель на конец года, га	792 700,5	578 337,7	139 700,0	17,6	24,2

темпами. В угольной промышленности в период 2010-2018 годы площадь ежегодно нарушаемых земель увеличилась в 4,9 раза, а удельная площадь нарушаемых земель в расчёте на 1 т добычи в условиях постоянного роста объёмов добычи угля – в 2,5 раза.

Восстановление нарушенных земель как в Российской Федерации в целом по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых", так и в угольной промышленности идёт медленными темпами. В 2018 г. рекультивировано по Российской Федерации 59 397,5 га (49,7 % от нарушенных), по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" 23 637,4 га (33,2 %), в угольной промышленности 589,5 га (5,5 %). Угольная промышленность отличается наиболее низким уровнем рекультивации. Низкий уровень рекультивации ведёт к постоянному накоплению общей площади нарушенных земель, которая на конец 2018 г. составила в Российской Федерации 792,7 тыс. га, по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" 578,3 тыс. га, в угольной промышленности 139,7 тыс. га. Доля угольной промышленности в нарушении земель как по Российской Федерации, так и по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых" весьма существенна и составляет соответственно 8,9 % и 15 %, а доля в показателях рекультивации чрезвычайно низкая – 1,0 % и 2,5 % соответственно. Это значит, что темпы рекультивации в угольной промышленности значительно отстают от среднего показателя по Российской Федерации.

Оценивая приведённые выше данные, следует отметить, что доленое участие угольной промышленности в показателях негативного воздействия на водные объекты, атмосферный воздух, земельные ресурсы и в сфере обращения с отходами весьма существенна, а в показателях эффективности природоохранной деятельности (очистка сточных вод и выбросов в атмосферу, использование отходов и рекультивация нарушенных земель) значительно ниже, чем в среднем по Российской Федерации и по виду экономической деятельности "добыча полезных ископаемых". Особенно неблагоприятное положение угольной промышленности наблюдается в сфере охраны земельных ресурсов и в сфере обращения с отходами.

Негативное воздействие предприятий угольной промышленности на водные ресурсы выражается в сбросе в водные объекты загрязнённых сточных вод без предварительной очистки и недостаточно очищенных на имеющихся

очистных сооружениях. Для сокращения сброса загрязнённых сточных вод на предприятиях отрасли осуществляются следующие мероприятия:

- оснащение выпусков сточных вод в водные объекты, осуществляющих сброс сточных вод без предварительной очистки, очистными сооружениями на основе современных технологий или передача сточных вод на эффективно работающие очистные сооружения данного предприятия или смежных предприятий;

- реконструкция неэффективно работающих очистных сооружений и осуществление мероприятий по оптимизации технологического процесса очистки, по применению эффективных реагентов, повышению технологического состояния и уровня эксплуатации сооружений;

- увеличение объёмов использования шахтных вод в производственном водоснабжении.

В 2017-2018 годах на предприятиях отрасли были продолжены работы по проектированию, строительству и пуску в эксплуатацию очистных сооружений, реконструкции, модернизации, ремонту и наладке действующих очистных сооружений с целью повышения эффективности их работы. Строительство очистных сооружений сточных вод осуществлялось на шахтах "Чертинская-Коксовая", "Полосухинская" (участок Антоновский-3), "Талдинская-Западная-1" (хозбытовые сточные воды), на разрезах «Березовский», "Бачатский", «Пермяковский». Реконструкция и модернизация очистных сооружений проводилась на шахтах «Первомайская», им. В.Д. Ялевского, им.А.Д. Рубана, "Талдинская-Западная-1" (шахтные воды), "Юбилейная", "Большевик", на разрезе "Кийзасский" и других предприятиях. На строительство, реконструкцию и модернизацию очистных сооружений только в Кузбассе затрачено свыше 1 млрд. руб. В результате выполнения мероприятий в сфере охраны водных ресурсов достигнуто снижение объёма сброса без предварительной очистки загрязнённых сточных вод и увеличение объёма сброса нормативно очищенных сточных вод. Сброс только нормативно очищенных и нормативно чистых без очистки сточных вод осуществляют 38 предприятий.

В ряде угольных компаний Кузбасса реализованы мероприятия по охране биологических ресурсов и сохранению биоразнообразия ("ММК-Уголь", "Северный Кузбасс", "Стройсервис", "Распадская угольная компания", "Юж Кузбассуголь", "СУЭК-Кузбасс", "СДС-уголь", "Южный Кузбасс", ООО "Шахта "Бутовская", ООО

"Шахта "Полосухинская", ООО "Шахта "Грамотеинская").

В результате реализации намеченных мероприятий за последние годы в угольной промышленности сложилась положительная динамика показателей эффективности природоохранной деятельности в сфере охраны водных ресурсов. Увеличивается объём сбрасываемых в водные объекты нормативно очищенных сточных вод, снижается объём сброса загрязнённых сточных вод. Однако ситуация в целом по отрасли остаётся сложной. Доля загрязнённых сточных вод, сброшенных в водные объекты, в 2018г. составила 69,2 %.

Основным фактором негативного воздействия на атмосферный воздух является выброс в атмосферу твёрдых (пыли) и газообразных вредных веществ. При разработке угля открытым и подземным способами основным источником загрязнения атмосферы твёрдыми веществами являются технологические процессы горного производства (взрывные работы, транспортировка, перегрузка горной массы, отвалообразование и др.) и горно-транспортное оборудование (экскаваторы, буровые станки, бульдозеры, автосамосвалы, проходческие и выемочные комбайны и др.).

Для снижения пылеобразования на действующих шахтах и разрезах применяется комплекс природоохранных мероприятий:

- работа горных машин при действующих заводских системах пылеподавления;
- предварительное увлажнение угля в мас-сиве;
- бурение шпуров и скважин с промывкой или пылеулавливанием, гидрозабойка скважин;
- орошение взорванной массы, мест погрузки и перегрузки;
- устройство водяных завес при взрывных работах и др.

Выбор и применение эффективных воздухоохраных мероприятий производится с учетом конкретных условий предприятий и позволяет снизить выбросы в атмосферу пыли до нормативных требований.

В 2018 г. на угольных предприятиях проводились мероприятия, направленные на сокращение выбросов в атмосферный воздух, которые включали:

- ввод в действие новых (модернизация, ремонт) и наладка действующих пылегазоочистных установок (шахты "Заречная", "Листвяжная", "Южная", "Распадская-Коксовая", "Антоновская", обогатительные фабрики "Коксовая", "Красногорская", "Прокопьевская", "Абашевская", "Меж-

дуреченская", "Антоновская" и др.);

- пылеулавливание и пылеподавление (орошение) на источниках образования и выделения пыли в атмосферу, полив технологических автодорог, поверхности породных отвалов, складов угля (шахты "Тайлепская", "Листвяжная", "Шахта № 12" и др., разрезы "Кайчакский", "Краснобродский Южный", "Распадский", "Барзасский", "Березовский", "Пермяковский", "Шестаки" и др.)

- профилактика самовозгорания и ликвидация очагов самовозгорания на породных отвалах и разрезах;

- применение при ведении взрывных работ новых взрывчатых веществ, специальных конструкций скважинных зарядов, гидрозабойки скважин, неэлектрических систем инициирования взрывания, обеспечивающих снижение выбросов вредных веществ в атмосферу (разрезы УК "Кузбассразрезуголь", "СДС-Уголь" и др.)

Основная масса газообразных вредных веществ в выбросах в атмосферу представлена метаном, выделяющимся из угля при его разрушении и выбрасываемым в атмосферу системами дегазации и вентиляции газовых шахт. Основными мероприятиями по снижению выбросов метана в атмосферу, осуществляемыми на шахтах, разрабатывающих угольные пласты с высокой газоносностью, являются:

- применение эффективных систем дегазации угольных пластов и выработанного пространства, обеспечивающих получение метановоздушной смеси с высокой концентрацией метана и стабильным расходом;
- использование дегазационного метана путем перевода угольных котельных на метан, внедрения модульных котельных, контейнерных теплоэлектростанций и других установок для получения тепловой и электрической энергии.

Опыт сжигания метана в котельных имеется на шахтах Печорского бассейна. В Кузбассе находятся в работе более 60 модульных дегазационных установок, на пяти шахтах действуют установки по утилизации метана. В перспективе планируется ввести в действие газоутилизационные установки на всех 34 газовых шахтах Кузбасса.

Производственная деятельность угледобывающих предприятий связана с перемещением больших объёмов горных пород и образованием большого количества отходов производства. Удельный объём образованных отходов в 2018 г. составил 10 т/т добычи. Основная часть отходов (99,9 %) представлена вскрышными и вмещающими породами шахт и разрезов. Вскрышные и

вмещающие породы относятся преимущественно к отходам V класса опасности и частично к отходам IV класса опасности для окружающей среды. Экологическую опасность представляют отходы добычи, размещаемые во внешних породных отвалах, в которые ежегодно поступает порядка 50 % от образованных и которые служат источником загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод и прилегающей территории. В случае самовозгорания породных отвалов их экологическая опасность увеличивается многократно.

Снижение негативного воздействия отходов производства на окружающую среду осуществляется по 3 направлениям: сокращение объёмов образования отходов, переработка и утилизация отходов, экологически безопасное размещение отходов.

Сокращение объёмов образования отходов достигается совершенствованием технологии горных работ как на стадии разработки проектов строительства и реконструкции шахт и разрезов, так и на действующих предприятиях, но ограничено по горно-геологическим условиям разрабатываемых месторождений.

Способы переработки и использования отходов в строительстве, производстве строительных материалов, при рекультивации нарушенных земель разработаны, в достаточной степени апробированы и нашли практическое применение. В отрасли накоплен большой производственный опыт использования отходов производства в строительстве автодорог, промышленных зданий и сооружений, при рекультивации нарушенных земель и производстве строительных материалов. Ограничивающим фактором применения отходов производства служит непостоянство их состава, а также несоответствие их требованиям стандартов и технических условий на товарные продукты и сырье для производства товарных продуктов. По этой причине отходы производства не могут конкурировать с традиционными материалами, используемыми в строительстве, и сырьём для производства строительных материалов. Для достижения высокого качества отходов горного производства необходима селективная разработка, складирование, хранение вскрышных и вмещающих пород и их предварительная обработка перед использованием, что усложняет технологию горных работ и зачастую делает их использование нерентабельным. Поэтому основным мероприятием по повышению уровня использования отходов является совершенствование нормативной правовой базы в части установления экономиче-

ских стимулов и льгот для предприятий по переработке текущих отходов горного производства и накопленных в породных отвалах.

Экологическая опасность отходов, размещённых в породных отвалах, существенно снижается или устраняется полностью при формировании породных отвалов с соблюдением всех требований, предъявляемых к объектам размещения отходов. Экологически безопасные породные отвалы имеются в различных угольных бассейнах и регионах. При наличии горных пород, склонных к самовозгоранию, применяются пожаробезопасные технологии их формирования, которые разработаны и проверены в промышленных условиях.

Предприятия угольной промышленности, особенно разрезы, в силу специфики производственной деятельности вынуждены занимать и нарушать значительные площади земель. Площади ежегодно нарушаемых земель растут быстрыми темпами, что связано с опережающим развитием более землеёмкого открытого способа добычи угля, ростом глубины разработки и коэффициента вскрыши. За период 2011-2018 годы удельный показатель нарушенных земель увеличился в 2,5 раза до 24 га /млн. т добычи. Природоохранная деятельность угольных предприятий в сфере рационального использования и охраны земельных ресурсов направлена на сокращение изъятия земель из хозяйственного оборота или природного цикла, снижение степени их нарушения при ведении горных работ, своевременного восстановления нарушенных земель и возвращения в минимально возможные сроки прежним землевладельцам.

Снижение землеёмкости горных работ на стадии проектирования и на действующих предприятиях достигается применением различных технологических приёмов: вскрытие месторождений без проведения внешних капитальных траншей, размещение породы в выработанном пространстве, формирование внешних многоярусных отвалов в минимальные сроки на проектную высоту с последующим одновременным развитием всех отвальных ярусов, максимальное приближение рекультивации внутренних отвалов к фронту вскрышных и добычных работ и др. Сфера применения технологических приёмов существенно ограничена горно-геологическими условиями разработки месторождений, что не позволяет отказаться от размещения вскрышных и вмещающих пород во внешних породных отвалах. Поэтому основным мероприятием в сфере охраны земельных ресурсов является рекультивация выведенных из эксплу-

атации породных отвалов, нарушенных и (отработанных) земель. Рекультивация нарушенных земель проводится по проектам, разработанным для каждого отдельного участка, которые проходят в обязательном порядке экологическую экспертизу. Технологии рекультивации выбираются на стадии разработки проекта с учётом характера и степени нарушения земель и принятого направления рекультивации.

В настоящее время в угольной отрасли имеются все необходимые условия для качественной рекультивации нарушенных земель: нормативная правовая база, научные, методические и технологические основы, положительный производственный опыт, наличие на предприятиях необходимых машин и оборудования для выполнения технического этапа рекультивации. Несмотря на это темпы рекультивации земель, особенно в последние годы, значительно отстают от темпов нарушения. Уровень рекультивации в отрасли в 2018 г. снизился до минимального значения за весь предшествующий период – 5,5 %.

Основная причина сложившейся ситуации, очевидно, находится в финансово-экономической сфере. Рекультивация нарушенных земель является весьма трудоёмким и дорогостоящим процессом, что обусловлено перемещением большого объёма породных масс, выполнением различного рода инженерных и агрохимических мероприятий. Низкий уровень рекультивации, по-видимому, связан с недостаточным объёмом финансовых средств, выделяемых предприятиями на эти цели. В связи с этим важное значение приобретает вопрос экономического стимулирования предприятий, выполняющих рекультива-

цию в необходимых объёмах и осуществляющих мероприятия по скорейшему возвращению рекультивированных земель в хозяйственный оборот. В качестве таких мер могут быть рассмотрены налоговые льготы на НДС, налог на прибыль, налоговый кредит, ускоренная амортизация оборудования и др. Кроме того, необходимо внесение ряда изменений в нормативные правовые и методические документы:

- рассматривать и применять в проектах строительства и реконструкции шахт и разрезов технические решения по снижению землеёмкости горных работ;

- использовать в проектах рекультивации новые технологии, разработанные и адаптированные к конкретным природно-климатическим условиям региона;

- повысить качество проектов рекультивации за счёт обеспечения полноты исходных данных, привлечение к подготовке исходных данных и разработке технологии рекультивации специализированных научных организаций, более качественное проведение экологической экспертизы проектов рекультивации;

- разрабатывать и осуществлять на действующих шахтах и разрезах мероприятия по сокращению землеёмкости горных работ, ежегодные планы рекультивации нарушенных земель и передачи рекультивированных земель прежним землевладельцам с привязкой к конкретным участкам и определением объёмов финансирования;

- возложить контроль за объёмами и качеством рекультивации на органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления..

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году" (проект). Минприроды России, НПП "Кадастр", 2019. - 844 с.

#### REFERENCES

1. State report. (2019). "On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2018" (project). Russian Ministry of Natural Resources, Priadad. [In Russian].

## ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ РЕКЛАМНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Научно-технический журнал «Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности» приглашает научные институты, организации и промышленные предприятия разместить информацию о конференциях, выставках, разрабатываемой и выпускаемой продукции в области охраны труда, безопасности в чрезвычайных ситуациях, пожарной и промышленной безопасности в угольной промышленности, контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, а также приборостроения.

### РАЗМЕРЫ РЕКЛАМНЫХ МОДУЛЕЙ:

- размер для 1 полосы: 216\*303 мм, включая по 3 мм на обрезку с каждой стороны внешнего периметра, на корешок допуск ставить не нужно.
- 1/2 полосы вертикальная: 103\*303 мм,
- 1/2 полосы горизонтальная: 216\*151 мм
- 1/3 полосы горизонтальная: 216\*92 мм
- 1/4 полосы горизонтальная: 216\*67 мм
- 1/4 полосы вертикальная в верхнем или нижнем внешнем углу страницы: 103\*151 мм

### ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ СТАТЬЯМ

1. Текст для статьи предоставляется только в текстовом редакторе Word.
2. Объем статьи: не более 4500 печатных знаков с пробелами (без изображений). При использовании фотографий объем текста пропорционально уменьшается.
3. Требования к фотографиям: формат *.eps* или *.tiff* с разрешением 300 dpi.
4. Логотип – в форматах *.cdr*, *.eps*, при этом шрифты должны быть переведены в кривые.
5. Текст рекламной статьи должен включать заголовок (подзаголовок), выходные данные заказчика: название, адрес, телефон, электронный адрес компании.

### ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ МАКЕТАМ

1. Размер электронного макета должен соответствовать размерам рекламного модуля.
2. Растровые файлы должны быть в форматах *.tif*, *.psd*, *.eps* с разрешением 300 dpi, векторные – *.ai*, *.eps* и *.cdr*.
3. Оригинал-макеты передаются в цветовой модели CMYK без компрессии.
4. Верстка может быть в форматах Adobe Illustrator, Corel Draw, Adobe InDesign (в этом случае должны предоставляться все связанные элементы, а также все используемые шрифты, обязательно макет должен так же прилагаться в pdf).
5. В макете, подготовленном в пакете Corel Draw не допускается наличие следующих эффектов: shadow, transparency, gradient fill, lens, texture fill и postscript fill. Все вышеперечисленные эффекты Corel Draw должны быть конвертированы в bitmap 300 dpi.
6. Черный цвет текста должен состоять только из черного канала – C:0, M:0, Y:0, K:100 или 100 Black в одноцветной шкале Grayscale.
7. Все текстовые элементы оригинал-макета должны быть переведены в кривые.
8. Текст и важные изображения (логотип и т. п.) не должны располагаться ближе 5 мм к обрезному краю.

Информация о расценках на размещение рекламы размещена на сайте [www.ind-saf.ru](http://www.ind-saf.ru).

**Редакция журнала оставляет за собой право отбора поступивших рекламных материалов.**

# ТРЕБОВАНИЯ, УСЛОВИЯ И ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ В НТЖ «Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности»

## ***I. Порядок представления материалов в редакцию***

1. В журнал принимаются статьи, соответствующие его тематике – охрана труда, безопасность в чрезвычайных ситуациях, пожарная и промышленная безопасность в угольной промышленности, приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

2. Статья должна быть оригинальной, не представленной в других изданиях.

3. На основании положений части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации (раздел VII «Права на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации») представляемые в журнал статьи должны сопровождаться лицензионным договором о передаче ООО «ВостЭКО» (издатель журнала) простой (неисключительной) лицензии. Договор заполняется на бланках по образцам лицензионных договоров с одним или коллективом авторов (при написании статьи несколькими авторами). Лицензионный договор является договором присоединения. Необходимо заполнить и подписать договор, отсканированный вариант отправить по e-mail: yarosh\_mv@mail.ru, два первых экземпляра оформленного договора отправить в редакцию по почте: 650002, Кемерово, Соколовый бульвар, д. 1, ООО «ВостЭКО». Договор, подписанный автором/авторами и направленный по электронной почте, признается равнозначным документу на бумажном носителе, подписанному собственноручной подписью, порождающим права и обязанности сторон. Скачать бланки договора можно на сайте [www.indsafe.ru](http://www.indsafe.ru).

## ***II. Форма представления рукописи***

1. Рукопись представляется отпечатанной в текстовом редакторе Word через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги формата А4 и в электронном виде (передается по электронной почте yarosh\_mv@mail.ru или на магнитном носителе).

2. Все страницы рукописи, включая таблицы, список литературы, рисунки должны быть пронумерованы. Рекомендуемый объем статьи 5–7 страниц. Статья должна быть подписана всеми авторами.

3. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

### ***Подготовка электронной версии материалов***

1. Текст набирается шрифтом Times New Roman, размер шрифта 12, для заголовка 16, полуторный интервал, абзацный отступ 1,25 см, формат листа А4. Поля с левой стороны 3 см, сверху и снизу и справа 2 см;

2. Электронная версия должна быть идентична распечатанному тексту. В случае расхождения за основу берется печатный вариант.

### ***Структура статьи***

1. Индекс УДК.

2. Фотографии всех авторов (форматы: TIF, Jpeg, Png, не сканированные, не ретушированные, не обрезанные, разрешение 300 dpi).

3. Инициалы и фамилия автора (ов).

4. Место работы.

5. Название статьи.

6. Реферат. *Реферат должен быть информативным, отражать основное содержание статьи и результаты исследований, следовать логике описания результатов в статье, укладываться в объем от 100 до 250 слов. Возможно краткое повторение структуры статьи, включающей введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение.*

7. Ключевые слова.

8. Текст статьи с таблицами, иллюстрациями, формулами.

9. Список литературы (оформленный в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 - 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»).

На отдельном листе или в конце статьи размещается «Список авторов», который должен содержать:

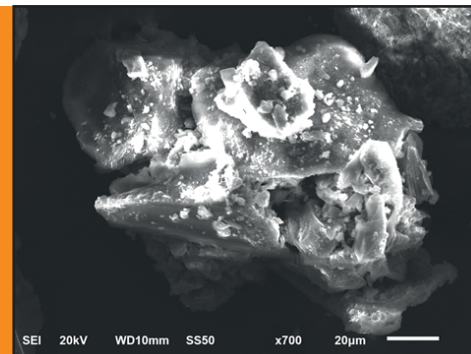
– публикуемые сведения об авторах (название организации указывается в соответствии с учредительными документами);

– служебные или домашние адреса с указанием почтового индекса;

– адрес электронной почты (e-mail).

*Обращаем ваше внимание, что представление оригинальной статьи к публикации в НТЖ означает согласие авторов на передачу права на воспроизведение, распространение и доведение произведения до всеобщего сведения любым способом.*

Редколлегия

**СЛОВО РЕДАКТОРА // EDITORIAL****5** Трубицына Н. Trubitsyna N.**5** Трубицына Н. Trubitsyna N.**АКТУАЛЬНО // IMPORTANT****6** С.Б. Романченко, А.А. Трубицын, С.С. Кубрин. Проблемы определения фактической плотности угольных частиц в процессах витания и седиментации**S.B. Romanchenko, A.A. Trubitsyn, S.S. Kubrin.** Problems of determining the actual density of coal particles in the processes of soaring and sedimentation**I. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ГЕОМЕХАНИКА // INDUSTRIAL SAFETY AND GEOMECHANICS****17** Ю.А. Масаев, В.Ю. Масаев. Исследование условий формирования зон трещинообразования в породном массиве при сооружении горных выработок с применением взрывных работ  
**Yu.A. Msaev, V.Yu. Msaev.** Study of the conditions for forming zones crack formation in the rock mass at construction of mine workings with the use of blasting**II. ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ // FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY****22** Д.Ю. Палеев. Состояние и перспективы научного обеспечения горноспасательных работ  
**D.Yu. Paleev.** Condition and prospects of mine rescue works scientific supports**29** А.С. Ярош. Количественный метод оценки многофункциональной системы жизнеобеспечения работников при локализации и ликвидации аварии «пожар-взрыв» на угольной шахте  
**A.S.Yaroch.** Quantitative method of assessment of multifunctional life support system of workers in the localization and liquidation of the accident "fire-explosion" in the coal mine**36** Ю.А. Диук, А.А. Контримас. Многофункциональные системы безопасности и методы текущего прогноза выбросоопасности угольных пластов  
**Yu.A. Diyuk, A.A. Contrimas.** Multifunctional safety systems and methods for the current forecast of coal seam outburst danger**44** А.С. Ярош. Теория синергетики в организационных системах и ее корреляция с теорией безопасности производственных систем  
**A.S.Yaroch.** Theory of synergetics in organizational systems and its correlation with the theory of safety of production systems**48** К.В. Кулецкий, Я.В. Деркач, М.Л. Рудаков. Организация обучения по охране труда на угледобывающих предприятиях: тенденции и перспективы  
**K.V. Kuletsky, Y.V. Derkach, M.L. Rudakov.** Organization of labor protection training at coal enterprises: trends and prospects**55** А.И. Фомин, В.В. Утюганова, В.С. Сердюк. Развитие системы управления охраной труда на малых предприятиях угольной отрасли  
**A.I. Fomin, V.V. Utyuganova, V.S. Serdyuk.** Ocoal industry small enterprises labor protection management system development



**61** В.Б. Попов, А.С. Голик, А.С. Ярош. К вопросу технического расследования причин аварий в угольных шахтах

**V. B. Popov, A.S. Golik, A.S. Yarosh.** To the issue of technical investigation causes of accidents in coal mines

**66** О.В. Аверин, В.О. Аверин. К вопросу о судебной горной экспертизе

**O.V. Averin, V.O. Averin.** To the question of forensic mining expertise

**71** М.Г. Рублев, И.В. Пирумова, В.Л. Павлова. Совершенствование комплексной системы обеспечения безопасности и охраны труда персонала в западно-сибирской региональной дирекции железнодорожных вокзалов (ЗСИБ РДЖВ)

**M.G. Rublev, I.V. Pirumova, V.L. Pavlova.** Personnel safety assurance and labor protection integrated system improvement at the west siberian regional directorate of railway stations (ZSIB RDZHV)



### **III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ // TECHNOLOGICAL QUESTIONS OF MINING WORK SAFETY**

**77** К.А. Кольвах. Применение теоремы байеса для оценки величины индивидуального риска, обусловленного обрушениями горных пород, на угольных шахтах

**K.A. Kolvakh.** Bayes theorem application for the coal mines' rock collapse individual risk possibility assessment

**81** Л.Ю. Левин, Д.Ю. Палеев, М.А. Семин. Расчет устойчивости воздушных потоков в выработках шахтных вентиляционных сетей по фактору тепловой депрессии

**L.Yu. Levin, D.Yu. Paleev, M.A. Semin.** Calculation of air streams stability in the workings of mine ventilation networks by the factor of thermal depression

**86** А.А. Харионовский, М.Ю. Данилова. Долевое участие угольной промышленности в негативном воздействии на окружающую среду

**A.A. Kharionovsky, M.Yu. Danilova.** Coal industry share in the negative environmental impact

### **94 ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ МАТЕРИАЛАМ // ADVERTISING MATERIALS REQUIREMENTS**

### **95 ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ // DEMANDS TO ARTICLES**

### **96 СОДЕРЖАНИЕ // CONTENT**

Подписано в печать 25.03.2020. Тираж 1000 экз. Формат 60х90 1/8.  
Выпуск 1-2020, дата выхода в свет 25.03.2020  
Объем 10 п. л. Заказ № 1 2020 г. Цена свободная.  
Типография ООО «ИНТ».  
650065, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, пр-т Октябрьский, 28 офис 215  
Тел. 8 (3842) 657889.