

Исследование закономерностей взаимодействия элементов крепи при проходке горных выработок в угольных шахтах
стр.16

Исследование потенциальной возможности продолжения дыхания в изолирующем самоспасателе с химически связанным кислородом после перерыва в его работе
стр.70

Выпуск 1-2021 | Кемерово | ISSN 2072-6554 | DOI 10.26631/issn.2072-6554

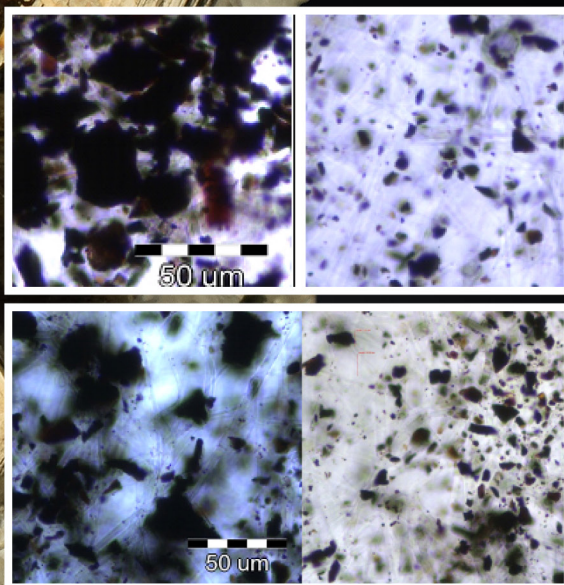
ВЕСТНИК

Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности

НА СОЦИАЛЬНЫЙ ЗАПРОС ГОСУДАРСТВА ОТВЕЧАЕМ

Слово редактора

АКТУАЛЬНО



К вопросу исследования динамики рудничных аэрозолей с твердой дисперсной фазой

стр.6

ВЕСТНИК

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

Научно-технический журнал



Кемерово

1-2021



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

№ 1-2021

Выходит 4 раза в год

Подписной индекс
в Каталоге Агентства
«Роспечать» 2020 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

Позиция редакции не всегда совпадает
с точкой зрения авторов публикуемых материалов

В номере использованы материалы сайтов
www.lori.ru, www.freemages.com, www.unsplash.com и
www.graphicriver.net

16+

© **ООО «ВостЭКО», 2021**

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,
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 – главный 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 - 2021

© Co Ltd «VostEKO», 2021
www.ind-saf.ru



INDUSTRIAL SAFETY

ISSN 2072-6554

№ 1- 2021

**Is issued 4 times a
year**

Subscription index
in «Rospechat» Agency
Catalogue: Year 2020 – 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.ori.ru, www.freemages.com, www.unsplash.com
and www.graphicriver.net are used**

16+

© Co Ltd «VostEKO», 2021

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, 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 – main 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!

В начале марта на совещании по вопросам развития угледобычи и увеличению экспортного потенциала отрасли президент России В.В.Путин призвал правительство и угольные бассейны страны выстраивать планы на более длительные периоды, "исходя из стратегических вызовов и долгосрочных перспектив мирового угольного рынка".

Объёмы добычи будут нарастать, а это значит, что вопросы промышленной и экологической безопасности в Кузбассе только актуализируются. Не случайно на этом совещании глава государства потребовал уже до конца марта утвердить программу развития Кемеровской области, ведь наш угольный бассейн остаётся в стране на лидерских позициях по наращиванию добычи твёрдого топлива.

С интервалом в несколько дней после поручения президента правительству Кузбасс посетил с рабочим визитом премьер-министр М. В. Мишустин. На встречах в столице угольного региона он всесторонне рассматривал параметры социально-экономического развития предприятий, инфраструктуры городов и населённых пунктов в рамках разрабатываемой программы.

Благодаря сложившейся политике государства в этой сфере деятельности и комплексным подходам в реализации неотложных задач Кузбассу удалось в сжатые сроки привести работу угледобывающих предприятий в соответствие с современными требованиями правил промышленной безопасности. Наше издание достойно отвечает на наиболее актуальные вызовы, связанные с выполнением требований последнего времени на шахтах, разрезах и других предприятиях отрасли.

В 2020 году, по данным Ростехнадзора, на предприятиях бассейна снижен по сравнению с предыдущим годом травматизм горняков. Однако смертельных случаев прибавилось, к сожалению, на два. Это повод для серьёзного анализа всех причин произошедшего. И, как подчеркнул недавно в эфире радио "Маяк" губернатор Сергей Евгеньевич Цивилёв, "из каждого смертельного случая на угольном предприятии власти извлекают урок и решают, что нужно изменить в системе промышленной безопасности, чтобы подобные ЧП больше не происходили".

Автоматизация, инновационные технологии и непрерывный мониторинг всех этапов производства в реальном времени должны окончательно исключить негативное влияние человеческого фактора, свести на нет непрофессионализм, некомпетентность ответственных работников на горнодобывающих предприятиях. По сути это не только посыл силовым и надзорным структурам, это и социальный запрос государства, обращённый ко всем, кто занимается фундаментальными исследованиями и практической разработкой современного оборудования и проектов промышленной безопасности.

Каждый номер научно-технического журнала "Вестник" отвечает на этот главный для нашей деятельности запрос государства. Прогнозирование, профилактика и предупреждение аварийных ситуаций на предприятиях отрасли - магистральное направление работы редакции и научных изысканий авторов и авторских коллективов.



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

I. АКТУАЛЬНО

I. URGENT



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 VNIIPPO MChS of Russia, microdistrict 12, VNIIPPO, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russia



В.В. Соболев / V.V. Sobolev
sobolev567@gmail.com

доктор техн. наук, заместитель генерального директора АО "НЦ ВостНИИ", Россия, 650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
Doctor of technical sciences, deputy general director of JSC "ScC VostNII", 3, Institutskaia St., Kemerovo, 650002, Russia

УДК 622.81

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РУДНИЧНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ С ТВЕРДОЙ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗОЙ

ON THE ISSUE OF STUDYING THE DYNAMICS OF MINE AEROSOLS WITH A SOLID DISPERSED PHASE

В статье рассмотрены теоретические модели и экспериментальные работы в области динамики аэрозолей с твердой дисперсной фазой. Проведен анализ существующих методов расчета времени витания и времени релаксации частиц, детально рассмотрена модели переноса угольных аэрозолей и критерий витания частиц. Приведены современные результаты стендовых и шахтных экспериментальных работ с применением гравиметрических пылемеров, лазерных и электронно-микроскопических анализаторов дисперсного состава пыли, выполненные для реальных величин гидравлических диаметров штреков $d_g > 1 \div 1,5$ м при значениях числа Re от 100000 до 400000. Определены параметры усовершенствованной пофракционной модели перемещения и седиментации угольных частиц

The article deals with theoretical models and experimental work in the field of aerosol dynamics with a solid dispersed phase. The analysis of the existing methods for calculating the hovering time and the relaxation time of particles is carried out, the models of transport of coal aerosols and the hovering criterion of particles are considered in detail. The article presents the current results of bench and mine experimental work with the use of gravimetric dust meters, laser and electron microscopic analyzers of the dispersed dust composition, performed for the real values of the hydraulic diameters of drifts $d_g > 1 \div 1.5$ m at the values of the Re number from 100000 to 400000. The parameters of the improved diffraction model of the movement and sedimentation of coal particles are determined

Ключевые слова: УГОЛЬНЫЙ АЭРОЗОЛЬ, ТВЕРДАЯ ДИСПЕРСНАЯ ФАЗА, ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ, ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ ДИАМЕТР, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ДИАМЕТР, ЧИСЛО РЕЙНОЛЬДСА, МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, СКАНИРУЮЩАЯ МИКРОСКОПИЯ, ЛАЗЕРНЫЙ АНАЛИЗ, СТРУКТУРА ЧАСТИЦ, ПЛОТНОСТЬ ПЫЛИ

Key words: CARBON AEROSOL, SOLID DISPERSED PHASE, DISPERSED COMPOSITION, EQUIVALENT DIAMETER, HYDRAULIC DIAMETER, REYNOLDS NUMBER, MICROSCOPIC STUDIES, SCANNING MICROSCOPY, LASER ANALYSIS, PARTICLE STRUCTURE, DUST DENSITY

ВВЕДЕНИЕ
Динамика широкого спектра аэрозолей исследована в работах [1-12], выполненных 30-60 лет назад на экспериментальной базе предыдущих научных периодов. При этом необходимо отметить, что даже в «классических» работах по механике аэрозолей

имеются противоречивые выводы и отражен факт незавершенности исследований, отмечено, что «важные проблемы движения, осаждения и коагуляции аэрозолей в турбулентных потоках, а также отрыв и дезагрегация частиц являются «белыми пятнами» и требуют проведения дальнейших исследований» [2, 3].

Одновременно с этим *tempora mutantur, et mutata occasiones*¹, что требует изменения ряда устаревших подходов с учетом возможностей современной экспериментальной базы [13,14,15].

Ранее при исследовании динамики аэрозолей (как и во всех областях науки), принимались аксиомы, условия и следующие предположения:

- рассматривалось движение единичной частицы либо незначительного числа частиц с осредненным диаметром, осредненной формой шара и плотностью, равной плотности первоначального материала (уголь, порода и т.д.);

- исследовались в основном детерминированные силы (сила тяжести, стоковская сила сопротивления среды и др.) с постоянным вектором, наличие турбулентной диффузии частиц заменялось эмпирическими зависимостями для потоков воздуха в пристеночных областях [5,6,11];

- не учитывалось крайне большое число частиц в пылях и аэрозолях, исчисляемое величинами порядка 10^{10} - 10^{20} единиц. Движение такого числа объектов подчиняется законам теории вероятности и случайных процессов и не может отслеживаться индивидуально;

- эмпирические упрощения математических зависимостей (без контроля размерности в разных частях уравнений) приводили к замене основных законов физики зависимостями, справедливыми в очень узком диапазоне значений, которые потом не контролировались [5 – в части замены взаимодействия сил, взаимодействием скорости частиц или «количества движения»].

В работах института проблем механики (Е.П. Медников) рассмотрен турбулентный перенос и осаждение аэрозолей [9]. Турбулентным течением или просто турбулентностью называется особая форма движения газов и жидкостей, устанавливающаяся в результате потери ими гидродинамической устойчивости движения, наступающей при значениях безразмерного показателя Рейнольдса (Re) выше критических. В работах [9, 10] сформулированы основные особенности турбулентного течения газов и аэрозолей:

- наличие беспорядочных пульсаций скорости во всех направлениях и соответствующих им пульсации давления во всех точках потока и, как следствие перемешивание пульсационных объемов (молей, вихрей), имеющее выраженную тенденцию перемещением частиц из области с высокой концентрацией в области с более

низким содержанием примеси - специфическая турбулентная диффузия газа и частиц, превосходящая по своей интенсивности молекулярную диффузию на несколько порядков;

- периодические локальные выбросы массы газа из гидродинамически неустойчивых пристеночных областей потока в направлении центра потока;

- наличие особой вихревой или турбулентной вязкости газа в отличие от молекулярной вязкости являющейся функцией турбулентного состояния газа;

- относительно равномерное распределение осредненной скорости по поперечному сечению потока в его центральной части и резкое ее падение в пристеночной области;

- квадратичная зависимость сопротивления от скорости газа.

Причина турбулентных пульсаций – периодически повторяющиеся локальные выбросы массы газа из гидродинамически неустойчивых пристеночных областей потока, где газ испытывает сильное торможение и имеет значительный градиент (сдвиг) скорости течения. Выбросы газа порождают подковообразные вихри, уходящие вглубь потока [9]. Масштаб первичных вихрей (называемых внешними или основными) сопоставим с масштабом потока, а скорость вихрей – с вертикальной и горизонтальной составляющими скорости течения газа-носителя. При больших числах Re движение крупных вихрей порождает более мелкие вихри, что делает модель движения аэрозоля достаточно сложной к исследованию и математическому описанию.

1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ И КРИТЕРИИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВИТАНИЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Как отмечено выше движение взвешенных частиц в турбулентном потоке газа подвержено воздействию турбулентного перемешивания и пульсаций газа-носителя, содержащего твердую фазу. Применительно к движению газа по сети горных выработок (движение в системе разветвленных воздухопроводов с жесткими границами), частицы совершают поступательное движение вдоль выработок. Одновременно с этим происходит их турбулентное перемещение вверх-вниз вместе с элементарными объемами газа или турбулентная диффузия частиц. Эти перемещения сочетаются с воздействием силы тяжести, направленной на осаждение частиц и имеющей постоянное направление действия (вектор). При составлении модели движения аэрозолей ранее предполагалось:

¹ Времена меняются и изменяют (увеличивают) возможности – латынь.

1. Диаметр частиц d мал (0,1 до 100÷200 мкм) по сравнению с масштабом несущих их молей и каждая частица совершает движение, оставаясь в пределах исходного пульсационного моля.

2. Обтекание частиц пульсационными молями имеет вязкий характер ($Re < 1$).

3. Частицы сферичны по форме и монодисперсны.

4. Гидродинамическое сопротивление частиц движению газообразной среды описывается в первом приближении законом Стокса ($F = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d \cdot v$, где μ – коэффициент динамической вязкости воздуха, кгс/м·с; v – скорость движения частицы относительно среды, м/с).

5. Среднее расстояние между частицами велико по сравнению с их размерами, поэтому они не оказывают влияния на взаимные перемещения, не соударяются и не оказывают влияния на характеристики среды. Пределом концентрации частиц (C_M , мг/м³), при которых выполняется данная гипотеза принималась величина $C_M = 100 \div 200$ мг/м³.

6. Электростатические и другие силы негидродинамической природы в турбулентном аэродисперсном потоке отсутствуют. Исключением является сила тяжести частиц, под влиянием которой предполагается осаждение частиц.

Динамика или изменение во времени аэрозоля сводилась к определению времени нахождения во взвешенном состоянии частиц определенного эквивалентного диаметра d . За счет осаждения частиц различных размеров проводился пересчет концентрации аэрозоля и определялись сопутствующие параметры (дальность полета, положение частиц и т.д.). Предполагалось [2,3,9], что скорость осаждения частиц может быть сведена к выражению:

$$v = g\tau \quad (1)$$

Параметр τ назван временем релаксации частиц, он является функцией диаметра частицы и определяется для частиц с размерами менее 10÷20 мкм:

$$\tau = \frac{1}{18} \cdot \frac{d^2 \rho}{\eta} \quad (2)$$

а для грубодисперсных частиц (с размерами от 10÷20 мкм до 100÷200 мкм):

$$\tau = m \cdot B, \quad (3)$$

где m – масса частицы, ρ – плотность частицы, B – подвижность частицы, определяемая на основании экспериментальных данных как отношение скорости обтекания ($v_{gp} = v - v_p$, v и v_p – соответственно скорости воздуха и частицы) к силе сопротивления среды; η – вязкость среды.

При перечисленных предположениях диф-

ференциальное уравнение движения отдельной частицы в турбулированной среде [9] имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{6} \cdot d^3 \cdot \rho \frac{dv_x}{dt} &= 3 \cdot \pi \cdot \eta \cdot d \cdot (v_{возд.X} - v_x) - \\ &- \frac{\pi}{6} \cdot d^3 \cdot (\rho - \rho_{возд.}) \cdot \frac{dv_{возд.X}}{dt} - \frac{\pi}{12} \cdot d^3 \cdot \rho_{возд.} \times \\ &\times \left(\frac{dv_{возд.X}}{dt} - \frac{dv_x}{dt} \right) + \frac{3}{2} \cdot d^2 \sqrt{(\pi \cdot \rho_{возд.} \cdot \eta)} \cdot \\ &\cdot \int_{t_0}^t \frac{dv_{возд.X} - dv_x}{\sqrt{t - t'}} \cdot dt' + F_e \end{aligned} \quad (4)$$

где $v_{возд.X}$ и v_x – продольная скорость воздуха и частицы соответственно; t и t' – рассматриваемый и предыдущий момент времени; F_e – внешняя сила, в рассматриваемом случае – сила тяжести.

Уравнение (4) не содержит в явном виде информации о турбулентном перемещении и включает данные по выталкивающей силе, силе тяжести и стоксовской силе сопротивления. Для определения скорости осаждения частицы вос использовано предположение о равенстве силы тяжести частицы F_e и силы стоксовского сопротивления среды F :

$$\frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3 \cdot \rho \cdot g = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d \cdot v_{oc} \quad (5)$$

После определения скорости осаждения частиц v_{oc} заданного размера или диаметра d определялось время витания t_v :

$$t_v(d) = H / v_{oc} \quad (6)$$

где H – высота размещения источника пылевыделения (в общем случае – высота выработки).

Рассмотренные уравнения (1)÷(6) относились авторами к движущемуся потоку запыленного воздуха со скоростью менее критической ($v_{возд.X} < v_{кр}$). При этом вынос осевших частиц пыли носит единичный характер (эрозия) и им возможно пренебречь. Для угольных частиц величина $v_{кр} \approx 4$ м/с для и породных аэрозолей $v_{кр} \approx 5$ м/с [4,15,16]. При превышении скорости потока воздуха критической величины ($v_{возд.X} > v_{кр}$) происходит массовый срыв с поверхности осевших частиц (денудация - [4]) и зависимости (1)÷(6) при $v_{возд.X} > v_{кр}$ утрачивают практический смысл.

К основным недостаткам предложенных моделей можно отнести то, что сила сопротивления среды, задаваемая по закону Стокса (5) в виде линейной зависимости от скорости осаждения частиц не дает правильных результатов, когда не соблюдаются предположения, исполь-

зованные при выводе закона Стокса [9, 10]. В первую очередь закон Стокса получен для потоков с малым числом Рейнольдса (вязкий поток). Стокс решал задачу определения сопротивления равномерному движению сферы в несжимаемой вязкой жидкости [9, 10].

В линейной форме уравнение Стокса для определения силы сопротивления для частицы с диаметром d , применимое только для $Re \leq 5$. Для учета сопротивления среды при $Re > 5$ в формулу Стокса вводится поправочный множитель [9, 10]:

$$F = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot v \cdot d \left(1 + \frac{3}{16} Re\right) \quad (7)$$

Считается [10], что закон Стокса при существенно больших значениях Re ($Re \gg 5$) неприменим даже с поправкой (7). В рудничной аэрологии при режимах проветривания, обеспечивающих разбавление вредных и горючих газов $Re \geq 2300$ (гладкие трубы) или $Re \geq 1500$ (горные выработки). При этом указанные граничные значения Re (1500-2300) соответствуют весьма малым значениям скорости потока воздуха значительно ниже требуемой по правилам безопасности. В качестве примера для штрека сечением 16 м^2 , проветриваемого струей воздуха со скоростью $1,5 \text{ м/с}$, значение $Re \approx 400000$, а аналогичное значение в исследовательских стендах [15,16] составляет $Re_{стенд} \approx 100000$.

Кроме большого числа условий при расчетах времени релаксации (2),(3) необходимо отметить особенность рудничных аэрозолей: на расстоянии 10-20 метров от источников пылевыведения (комбайнов) основная масса витающих частиц находится в диапазоне размеров от $10 \div 20 \text{ мкм}$ [15,16], что делает неопределенным расчет τ .

Для практических расчетов процессов витания частиц [5, 6, 11] предложен «критерий витания» на основе эмпирических и полу-эмпирических зависимостей. В работах В.Н.Воронина за основу модели взят процесс торможения потока воздуха в пристеночной области, что приводит к снижению продольной составляющей скорости газа-носителя и росту вертикальной составляющей скорости потока воздуха у почвы. По модели Воронина возникающая у стенок и у почвы вертикальная составляющая скорости воздуха $v_{возд,y}$ препятствует осаждению частиц и поддерживает их в аэрозольном состоянии. Турбулентные процессы для пылевых частиц в данной модели учтены опосредованно. Также вместо взаимодействия сил в ходе математических преобразований применено векторное суммирование скорости восходящего потока воздуха и

скорости осаждаемых за счет гравитации пылевых частиц. Последняя гипотеза имеет место в узком диапазоне соотношений массы частиц, а также соотношения скоростей воздуха и частиц. В общем случае векторное суммирование скоростей для материальных образований противоречит основополагающему закону физики - второму закону Ньютона².

На основании теоретических преобразований [5, 6] был сделан вывод о том, что частицы «определенных размеров находятся во взвешенном состоянии, исключающем их выпадение из рудничной атмосферы». Пыль, находящаяся в рудничной атмосфере, по утверждению В.Н. Воронина, «можно разделить на «пыль оседающую» и «пыль витающую». В работе [5,6] предложена зависимость максимального размера частиц (d_{max}), не выпадающих из вентиляционного потока и витающих по всему сечению выработки для скорости, как функция средней продольной скорости воздуха u_{cp} :

$$d_{max} = 4,35 \cdot \sqrt{\frac{u_{cp} \cdot v \cdot \rho}{a \cdot g \cdot \rho_1}} \sqrt{\alpha / r_1} \approx \approx 4,22 \cdot \sqrt{\frac{u_{cp} \cdot v \cdot \rho}{g \cdot \rho_1}} \sqrt{\alpha} \quad (8)$$

где u_{cp} – средняя продольная скорость потока воздуха, м/с; v – кинематическая вязкость воздуха $\text{м}^2/\text{с}$; ρ – плотность воздуха; ρ_1 – плотность частицы, $\text{кг}/\text{м}^3$; d – диаметр в микронах; r_1 и a – эмпирические коэффициенты, равные соответственно $\approx 0,5$ и $1,5$; α – коэффициент аэродинамического сопротивления выработки.

После упрощений и подстановки численных значений для $v = 1,44 \cdot 10^{-5}$ и $\rho = 1,2$ обратная к (8) зависимость определяет величину средней продольной скорости воздуха $v_{возд,x}$, при которой частицы диаметра d будут находиться во взвешенном состоянии (критерий витания В.Н.Воронина):

$$v_{возд,x} > \frac{v_{y,max}}{\sqrt{\alpha}} = \frac{0,003 \cdot \rho \cdot d^2}{\sqrt{\alpha}} \quad (9)$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления выработки.

Скорости осаждения частиц (v_{oc}) как функция плотности и диаметра [5,6] определяется:

$$v_{oc} = 0,003 \cdot \rho \cdot d^2 \quad [\text{см/с}] \quad (10)$$

Зависимости (8)-(10) до настоящего времени используются рядом исследователей [11]. С учетом плотности пыли, принимаемой автора

² На уровне наглядного примера: при обобщенном принятии гипотезы Воронина 10 комаров, летящих со скоростью 1 м/с, остановят автомобиль, двигающийся навстречу со скоростью 10 м/с за счет векторного сложения скоростей без расстановки и учета взаимодействия сил.

Таблица 1. Расчетные значения величины скорости воздуха в выработках, обеспечивающие состояние витания частиц кварца ($\rho = 2,65 \text{ г/см}^3$) и угля ($\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$)

Table 1. Calculated values of the air velocity in the workings that ensure the state of floating of quartz particles ($\rho = 2.65 \text{ g/cm}^3$) and coal ($\rho = 1.3 \text{ g/cm}^3$)

Диаметр частиц d , мкм	Горизонтальная скорость воздуха в выработке, обеспечивающая состояние витания, м/с	
	Кварцевые частицы	Частицы угля
1	0,002	0,001
5	0,050	0,025
10	0,200	0,090
15	0,45	0,220
20	0,8	0,370
30	1,8	0,850
40	3,2	1,500
45	4,05	2,000
50	4,97	2,480
60	7,15	3,500
70	9,74	4,750

ми равной плотности угля [11] горизонтальная дальность полета частиц вдоль штрека до момента осаждения $L_{гор}$ рассчитывалась как:

$$L_{гор} \approx t_v \cdot v_{возд.х} = \frac{H \cdot v_{возд.х}}{0,003 \cdot \rho \cdot d_{мкм}^2} = \frac{H \cdot v_{возд.х}}{0,0042 \cdot d_{мкм}^2} \quad (11)$$

Автором [5] проведены расчеты по (8)÷(10) для скорости потока воздуха $v_{возд.х}$ в диапазоне значений от 0,008 м/с до 16,1 м/с. Фрагменты расчетных значений, применимых к выработкам выемочных участков приведены в таблице 1.

Исходя из критерия витания В.Н.Воронина для реально осуществимой скорости воздуха в лаве (3,5÷4 м/с) угольные частицы с эквива-

лентным диаметром 60 мкм постоянно должны находиться в состоянии витания и не выпадать из воздушного потока. Однако, как наглядный микроскопический, так и лазерный анализ дисперсного состава отложившейся пыли в лаве, в пределах выемочного участка, а также во всех подготовительных, транспортных и технологических выработках указывает на несостоятельность рассмотренного критерия В.Н.Воронина: 100% проб отложившейся шахтной пыли содержали все фракции пыли (как для $d > d_{max}$, так и для $d \leq d_{max}$) без скачкообразного их разделения по критерию (8). Знаменитый принцип мыслителей древности *Natura non facit saltus* (природа не делает резких скачков – лат.) нашел подтверждение при исследовании динамики аэрозолей. Ука-

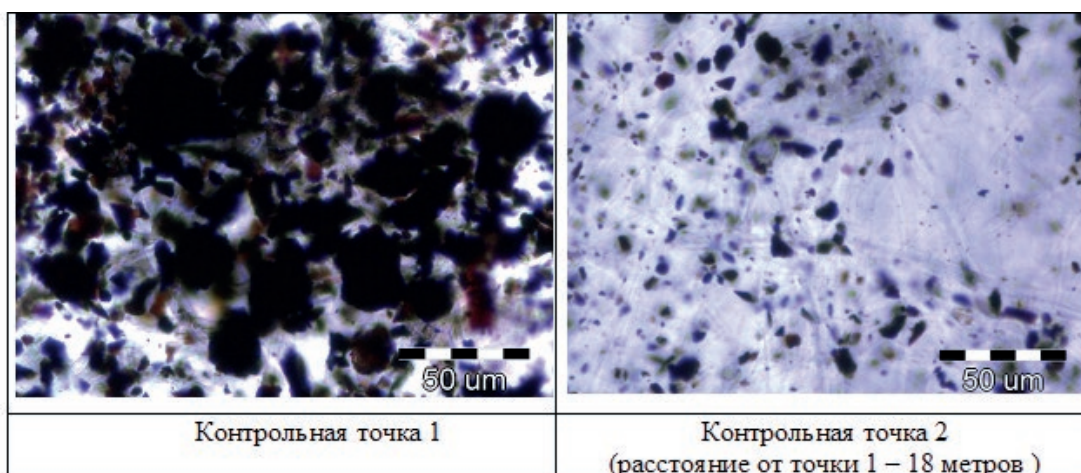


Рисунок 1. Изменения в дисперсном составе аэрозоля (скорость воздуха 1,2 м/с)
Figure 1. Changes in the aerosol dispersion composition (air velocity 1.2 m / s)

занные эксперименты на современной научной базе приведены далее в разделе 2.

К основным недостаткам рассмотренной модели и критерия «витания» [5,6] относятся:

1. Исследования процессов турбулентного течения газа, выполненные до 1940 года, послужили теоретической основой модели В.Н.Воронина [5,6,11]. Исследования были проведены для $Re=16200$ при скорости потока 9,8 м/с и $Re=41600$ при скорости потока 25,1 м/с [5,6]. Обратный пересчет (от Re к гидравлическому диаметру d_z) дает результат $d_z = 0,025$ м (\varnothing 2,5 см или один дюйм). Однако даже с учетом геометрических критериев подобия \varnothing 2,5 см не соответствует масштабу величин в реальных условиях ($d_z > 1 \div 1,5$ м; $Re > 100000$). При исследовании турбулентных процессов необходимо учитывать размеры турбулентных вихрей [9], а турбулентные вихри в дюймовой трубе попросту «усекаются». Кроме этого эффект срыва частиц с поверхности не подвержен масштабированию, поэтому скорости воздуха более 4 м/с не применимы для корректного исследования динамики рудничных аэрозолей.

2. Расчеты по зависимостям, как (1)÷(3) так и (8)÷(11), показывают, что частицы близкого размера должны достигнуть почвы и завершить витание одновременно и далее не наблюдаться в потоке воздуха. Дополнительно по критерию (8) частицы с диаметром $d < d_{max}$ вообще не осаждаются при скорости воздуха u_{cp} . Элементарный анализ дисперсного состава пыли по длине выработок, как витающей, так и осевшей, полностью опровергает такую постановку вопроса:

• как результат взаимодействия турбулентной диффузии и гравитации осадению подвержены абсолютно все фракции пыли, при-

сутствующие в текущий момент в аэрозолях (рассматриваемые скорости воздуха - менее 4 м/с, т.е. до возникновения интенсивного срыва частиц с поверхности);

• частицы «грубых» фракций осаждаются более интенсивно до полного их исчезновения из аэрозоля;

• частицы средних и мелких фракций осаждаются из аэрозоля на протяжении всего периода его движения по выработке, концентрация пыли данных фракций описывается экспонентно-убывающей зависимостью по длине штрека.

Современные измерения (2008-2018 гг.) дисперсного состава пыли на высокопроизводительных шахтах позволили отработать модель пофракционного витания и седиментации аэрозолей в условиях максимально приближенным к шахтным: скорости потока воздуха не должны превышать 4 м/с (фактор отсутствия выноса пыли), гидравлический диаметр выработки либо стенда $d_z \geq 1 \div 1,5$ м и $Re > 100000$ [15,16].

2. СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВИТАНИЯ И СЕДИМЕНТАЦИИ УГЛЕ-ПОРОДНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

В период 2008-2018 годов проведены обширные стендовые и шахтные исследования динамики аэрозолей. Проводился отбор проб витающей пыли одновременно с отбором проб отложившейся пыли в том же сечении выработки или стенда [15,16]. Исследовалась динамика концентрации пыли по длине выработок, определялась интенсивность пылеотложения по мере удаления от источников выделения пыли. Наряду с исследованиями массовых показателей аэрозоля и аэрогеля ($\text{мг}/\text{м}^3$) проводился параллельный микроскопический анализ рас-

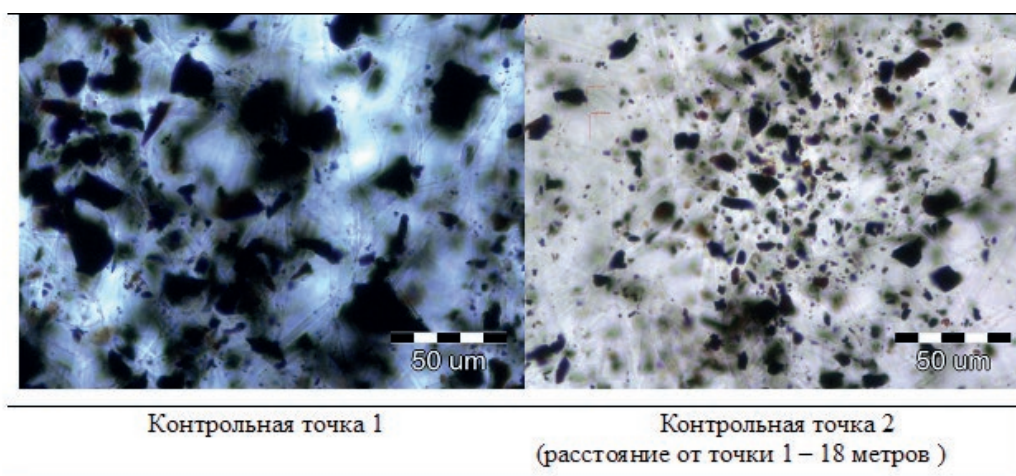


Рисунок 2. Изменения в дисперсном составе аэрозоля (скорость воздуха 1,8 м/с)
Figure 2. Changes in the aerosol dispersion composition (air velocity 1.8 m / s)

пределения частиц и лазерный анализ дисперсного состава отобранных проб пыли (взаимная проверка и корреляция методов). На рисунках 1 и 2 наглядно продемонстрировано отличие в составе витающей пыли в 2-х контрольных точках (расстояние между точками 18 м) при скорости воздушного потока соответственно 1,2 м и 1,8 м.

Изменения, происходящие в угольном аэрозоле при его движении вдоль штрека, очевидны (рисунок 1, рисунок 2). Однако по таблице 1 при соблюдении (8) из воздушного потока (при указанных скоростях 1,2 и 1,8 м/с) не должны выпадать частицы величиной 37 мкм и 42 мкм соответственно. То есть практически вся масса пыли в обоих экспериментах должна была бы транспортироваться спутным потоком по выработке без осаждения частиц и без снижения массовой концентрации пыли. Фактически произошло не только снижение концентрации пыли с 80,6 мг/м³ до 50,1 мг/м³ (при $u_{cp}=1,2$ м/с) и с 91,2 мг/м³ до 36,3 мг/м³ (при $u_{cp}=1,8$ м/с), но резко изменился дисперсный состав аэрозоля (рисунок 3).

На рисунке 3 представлены результаты компьютерного анализа микроскопических изображений суммарно по 10000 частиц. Диапазон подаваемых на вход исследовательского штрека частиц 0,1÷227,8 мкм, значения Re для данного эксперимента равно 130000. Суммарно за счет гравиметрического и турбулентного процессов произошло полное осаждение фракций пыли 45÷227,8 мкм на начальных 9 метрах штрека (до точки 1). Далее на последующих 18 метрах стенда между точками 1 и 2 (рисунок 3) происходит

осаждение значительной доли частиц размерами 25÷45 мкм и турбулентное осаждения фракций пыли менее 25 мкм. Концентрация пыли в точке 2 по отношению к контрольной точке 1 уменьшилась в 2,5 раза, основу массы витающей пыли в точке 2 составили частицы 10÷23 мкм (рисунок 3).

При этом необходимо отметить, что микроскопические исследования доступны на протяжении более 100 лет. Одновременно с теоретическими преобразованиями [5,6,11] необходимы были экспериментальные подтверждения результатов, однако на протяжении длительного периода такие работы не были представлены.

Кроме рассмотренных электронно-микроскопических исследований лазерные анализаторы [13,14] позволяют получить значения интегральной и дифференциальной функции распределения пыли для 62÷124 диаметров.

При подготовке к стендовым экспериментам для подаваемой пыли проводился лазерный анализ дисперсного состояния для 62 диаметров частиц. Содержание частиц, обобщенное для 5 диапазонов, представлено в столбцах 1 и 2 (таблица 2). На различном расстоянии от источника подачи пыли располагались подложки для сбора пылеотложений и одновременно с этим улавливалась витающая пыль на фильтр современными аспираторами. Это позволяло исследовать измерения концентрации пыли и её дисперсного состава по длине стенда или исследовательского штрека (таблица 2).

По расчетам В.Н.Воронина (таблица 1)

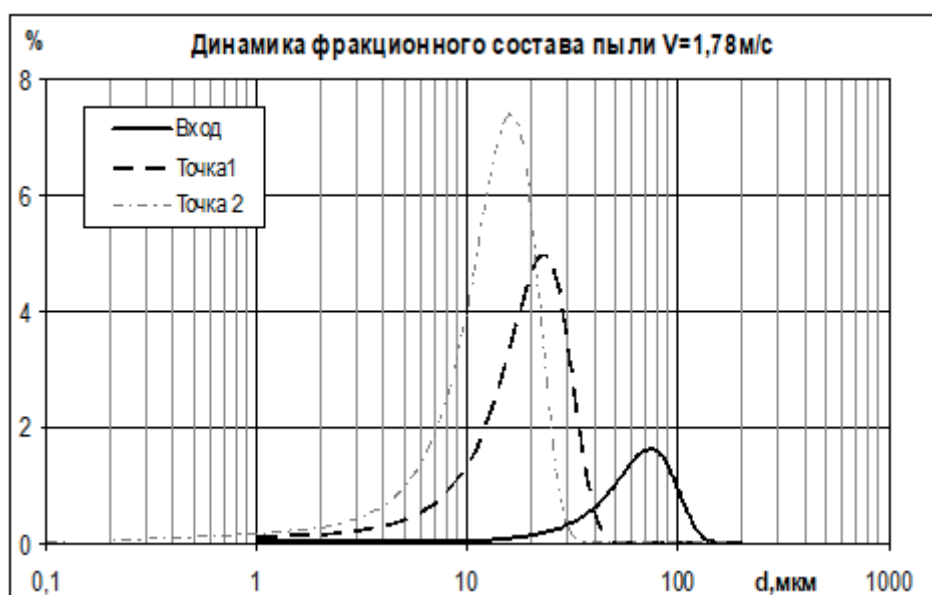


Рисунок 3. Динамика дисперсного состава витающей для логарифмической шкалы эквивалентного диаметра частиц d , мкм (при $u_{cp}=1,8$ м/с)

Figure 3. Dynamics of the dispersed composition of the floating point for the logarithmic scale of the equivalent diameter in, microns (at $u_{cp}=1.8$ m/s)

Таблица 2. Дисперсный состав витающей и отложившейся пыли на различном расстоянии от источника пылевыделения (вариант - для скорости потока 0,8 м/с)
 Table 2. Dispersed composition of floating and deposited dust at different distances from the source of dust emission (option - for a flow rate of 0.8 m / s)

Диаметр частиц, мкм	Доля фракции, %		
	Пыль, подаваемая в поток воздуха	Пылеотложение на расстоянии 1 м	Пылеотложение на расстоянии 4 м
< 0,218	0,086	0,080	0,064
0,218÷2,98	9,205	8,954	8,049
2,99÷5,17	5,132	4,986	4,592
5,18÷26,90	40,99	37,682	31,827
26,91÷ 217,0	44,589	48,298	55,468

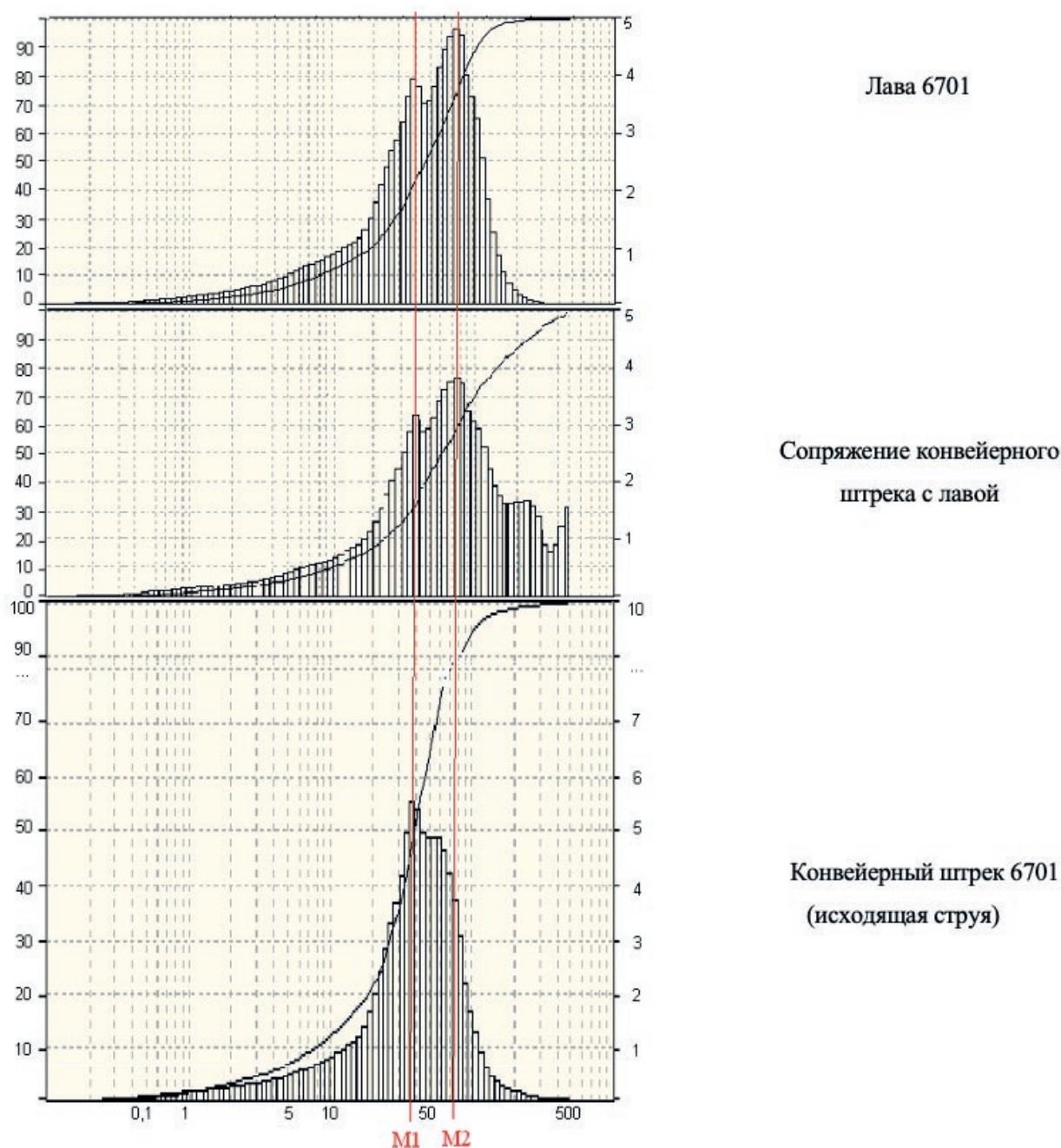


Рисунок 4. Сопоставление дисперсного состава пыли в различных контрольных точках выемочного участка лавы 6701
 Figure 4. Comparison of the dispersed dust composition at different control points of the 6701 lava excavation site

для скорости воздуха 0,8 м/с из потока не должны выпадать частицы угольной пыли размерами от 1 до 28 мкм, однако уже на первом метре движения аэрозоля по ходу вентиляционной струи осаждаются все фракции, входящие в состав аэрозоля (таблица 2, столбец 3). Этот же эффект наблюдается далее на протяжении всего стенда (таблица 2, столбец 4).

Сбор и анализ дисперсного состава пыли, отлагающейся в выработках были проведены для условий всех шахт, входящих в АО «СУЭК-Кузбасс». Типичный результат на примере выемочного участка шахты «Талдинская-Западная» (средняя скорость воздуха 2,5 м/с) представлен на рисунке 4.

Всего проведено более 120 анализов отложившейся пыли на различных удалениях от источника пылевыведения. При этом во всех 100% измерениях все фракции пыли присутствовавшие в атмосфере, были подвержены осаждению с различной интенсивностью. Не отлагающиеся или «витающие» по критерию (8) фракции экспериментально не обнаруживаются, критерий (8) и связанная с ним модель перемещения аэрозолей [5] полностью опровергается как шахтными так и стендовыми экспериментами.

В результате проведенных экспериментов (2008-2018 гг.) разработана пофракционная модель перемещения и осаждения угольных частиц и модифицированный критерий витания [15]. К витающим относятся частицы, масса и сила тяжести которых полностью компенсируется силой сопротивления среды и силой давления восходящих потоков воздуха (у почвы). Осаждение этой группы фракций происходит за счет турбулентного выноса элементарных молей газа-носителя в пристеночные области. Седиментация второй группы фракций осуществляется за счет совместного воздействия турбулентного перемешивания и гравиметрического осаждения. Однако к числу главных выводов, противоречащих моделям [5,6,11], следует отнести экспериментально установленный факт: в диапазоне продольных скоростей воздуха 0,25-4 м/с седиментации или осаждению подвержены все частицы (в диапазоне размеров частиц 1-820 мкм), при этом по физическому принципу осаждения они могут быть разделены на две группы [15].

ВЫВОДЫ

1. Модели В.Н.Воронина (1953 г.) [5,6,11], основанные на экспериментах первой половины прошлого века для труб с гидравлическим диаметром один дюйм не соответствуют ре-

зультатам стендовых и шахтных исследований 2008-2018 годов [14-20], проведенных с применением лазерного и электронно-микроскопического анализа витающей и отложившейся пыли. В 100% измерений критерий «витания» и модель В.Н.Воронина [5,6,11] не соблюдается и требует переработки или актуализации.

2. Процессы осаждения пыли взаимосвязаны с процессами убывания ее концентрации и требуются дополнительные исследования по вопросам, не решенным в ранее выполненных исследованиях [1-12]:

- основные уравнения, описывающие процессы перемещения и осаждения аэрозолей [1-11], а также зависимости изменения концентрации пыли по длине выработок, построены на значительном количестве гипотез, усложняющих модели, большинство зависимостей не ориентировано на величины, доступные к измерению современными приборами и датчиками систем аэрогазового мониторинга;

- твердая дисперсная фаза рудничных аэрозолей исследована недостаточно. Процессы самопроизвольного разрушения частиц во времени не учтены, величины пористости и плотности частиц, претерпевающие количественно-качественные изменения на уровне микрообъектов требуют детализированного исследования;

- число витающих частиц N_p в рудничных аэрозолях крайне велико ($N_p \gg 10^9$), понятие скорости осаждения частиц и дальности их полета утрачивает практический смысл при рассмотрении экспериментальных данных: пыль одного размера (как тонкая так и грубые фракции) распределяется на значительном расстоянии по длине выработок, описание движения такого числа частиц необходимо проводить с учетом вероятностных характеристик и показателей.

3. В результате проведенных экспериментов (2008-2018 гг.) разработана усовершенствованная пофракционная модель перемещения и седиментации угольных частиц и апробирован модифицированный критерий витания [15]. К витающим относятся частицы, масса и сила тяжести которых полностью компенсируется силой сопротивления среды и силой давления восходящих потоков воздуха (у почвы). Осаждение этой группы фракций происходит за счет турбулентного выноса элементарных молей газа-носителя в пристеночные области. Седиментация второй группы фракций осуществляется за счет совместного воздействия турбулентного перемешивания и гравиметрического осаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уайтлоу-Грей Р., Паттерсон Х. Дым. Исследования в области аэродисперсных систем. М.: ОНТИ Госхимиздат, 1934. -184 с.
2. Фукс Н. А., Механика аэрозолей.- М.: Издательство Академии наук СССР, 1955.- 352 с.
3. Fuchs N.A. The mechanics of aerosols. Oxford: Pergamon Press, 1964. -360 p.
4. Lebecki.K.Zagrozenia pyłowe w górnictwie. Katowice: Główny Instytut Górnictwa, 2004, -399 s.
5. Воронин В.Н. Параметры вентиляционной струи, характеризующей эффективность выноса пыли из горных выработок. Т. I. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 97–114.
6. Воронин В.Н., Воронина Л.Д., Багриновский А.Д. Руководство по проектированию и практическому осуществлению противопылевых вентиляционных режимов в металлических рудниках. М., «Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу», 1960.-204с.
7. Бурчаков А.С., Москаленко Э.М. Динамика аэрозолей в горных выработках. М.: Наука, 1965.-170 с.
8. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли-пыли, дымы и туманы / пер. с англ. Л.: Химия, 1969. - 428 с.
9. Медников К.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозоля.-М.: Наука, 1987. 174 с.
10. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию. М.: Мир, 1987. 280 с.
11. 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.
12. Петрухин П.М., Нецепляев М.И. Комплекс мероприятий по пылевзрывозащите угольных шахт. М.: ЦНИЭИуголь, 1982. 42 с.
13. Лазерный анализатор размеров частиц Анализетте 22: проспект фирмы FRITZSCH GmbH (Германия). 2006. 24с.
14. Фрич. Измерение размера частиц.- Обзор продукции фирмы Фрич. Идар-Оберсен, 2010, - 28 с.
15. Романченко С.Б., Руденко Ю.Ф., Костеренко В.Н. Пылевая динамика в угольных шахтах.-М.: Горное дело, 2011.-256 с.
16. Лебецки К.А., Романченко С.Б. Пылевая взрывоопасность горного производства. –М.: Горное дело, 2012.-464 с.
17. Романченко С.Б. Управление аэропыледиными процессами на горнодобывающих предприятиях. Горный журнал 2014, №5. - С.29-33.
18. Коршунов Г.И., Романченко С.Б. Разработка инновационных технологий обеспыливания в очистных и проходческих забоях угольных шахт.//Записки Горного института / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2016. Т.218. С.339-345.
19. Романченко С.Б., Костеренко В.Н., Тимченко А.Н. Сравнительные испытания стационарных и переносных измерителей концентрации пыли. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). 2015. № 11 (специальный выпуск 60-2). 648 с. М.: Издательство «Горная книга». С.392-401.
20. Романченко С.Б., Костеренко В.Н. Полномасштабные исследования взрывов угольной пыли и критерии эффективности средств локализации.// Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2018. №4. С.6-20.

REFERENCES

1. Whitelaw-Cinereo R., Patterson H. Fumus. Research in agro aerodisperse ratio. Moscow: ONTI Goskhimizdat, 1934. -184 p.
2. Ulricus N. A., Mechanica aerosols.- М.: Libellorum Domus Academiae Scientiarum INSECTA, 1955.- 352 p.
3. Ulricus N. A. mechanica aerosols. Oxoniae: Pergamon Press, 1964. -360 p.
4. Lebecki.K. Zagrozenia pyłowe w górnictwie. Katowice: Główny Instytut Górnictwa, 2004, -399 s.
5. Voronin V. N. Parametri evacuatione jet propriam efficientiam pulverem remotionem a mining latinitatis vivae. Т. I. М.: Libellorum Domus INSECTA Academiae Scientiarum, 1953. Pp. 97-114.
6. Voronin, V. N., Voronina L. D., Bagrinovsky A.D. enim Guidelines et practica executionem anti-pulvis evacuatione modi in metalli fodinis. М., "Status Scientifica et Technica Libellorum Domus Litteris in Fodienda", 1960.-204с.
7. Burchakov A. S., Moskalenko E. M. Dynamica aerosols mea in operatione. Moscow: Nauka, 1965.-170 p.
8. Viridis H., Lane V. Aerosols-pulvis, fumus et nebula. L.: Chemiae, 1969. - 428 p.
9. Mednikov K. P. Turbulentis onerariis et aerosol depositione.- Moscow: Nauka, 1987. 174 p.
10. Raist P. Aerosols. Introductio ad theoria. Moscow: Mir, 1987. 280 p.
11. Kudryashov V. V. In continua imperium pulvis depositione in carbo mea latinitatis vivae // Aerologia: sb. nauch. tr. fundatur in materia de symposio "Metallicus scriptor Septimana-2007". Separatae exitus Mining Notitia et Analytica Acta. Moscow: Mir gornoy kniga, 2007. Non. OV12. Pp. 58-70.
12. Petrukhin P. M., Netseplyaev M. I. A paro of mensuras pro pulvere, et crepitus tutela of carbo metalla. Moscow: TSNI Eiugol, 1982. 42 p.
13. Laser particula magnitudine analyzer Analysette 22: FRITZSCH GmbH (Germania) prospectus. 2006. 24с.
14. Fritsch. Mensura particula magnitudine.- Maecenas Fritsch products. Idar-Obersen, 2010, - 28 p.
15. Romanchenko S. B., Rudenko Yu. F., Kosterenko V. N. Pulvis motus in carbo metalla.- Moscow: Gornoe delo, 2011.- 256 p.
16. Lebetsky K. A., Romanchenko S. B. Pulvis crepitus discrimen mining productio. - М.: Mining, 2012.-464 p.
17. Romanchenko S. B. Administratione aeropyledynamic processibus ad mining conatibus. Mining Acta 2014, N. 5. - P. 29-33.
18. Korshunov G. I., Romanchenko S. B. Progressum eget portitor vitae dedusting in curatione et mersa facies of carbo metalla.// Notes Mining Institute / St. Petersburg Mining University. S. Petersburg, 2016. Vol. 218. Pp. 339-345.
19. Romanchenko S. B., Kosterenko V. N., Timchenko A. N. Comparative probat immobilis et donec pulvere campi metris. // Mining Notitia et Analytica Acta (Scientifica et Technica Acta). 2015. No. 11 (specialem profluvio 60-2). 648 S. М.: Gornaya Kniga Libellorum Domus. Pp. 392-401.
20. Romanchenko S. B., Kosterenko V. N. Plenus-scale studiis carbonum pulvere explosiones et criteria efficaciam nec libero laoreet vestibulum.// Acta Scientific Centrum Operari Salutem in Carbo industria. - 2018. №4. Pp. 6-20.

I. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ГЕОМЕХАНИКА

I. INDUSTRIAL SAFETY AND GEOMECHANICS



Ю.А. Масаев //
Yu.A. Masaev

канд. техн. наук, профессор ФГБОУ
ВО КузГТУ 650000, г.Кемерово, ул.
Весенняя 28
candidate of technical sciences, professor
FGBOU VO KuzGTU, 650000, Kemerovo,
st. Vesenya 28



В.Ю. Масаев //
V.Yu. Masaev

канд. техн. наук, доцент ФГБОУ
ВО КузГТУ 650000, г.Кемерово, ул.
Весенняя 28
candidate of technical sciences, associate
professor FGBOU VO KuzGTU, 650000,
Kemerovo, st. Vesenya 28

УДК 622.268 ; 622.281

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПИ ПРИ ПРОХОДКЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

SUPPORT ELEMENTS' INTERACTION REGULARITIES INVESTIGATION WHEN DRIVING MINE WORKINGS IN COAL MINES

Добыча полезных ископаемых в Кузбассе ведется уже более 100 лет и одной из главных проблем является обеспечение безопасности труда в подземных условиях, исключение обрушений породных обнажений. Породный массив всегда находится в напряженном состоянии, и на проводимые горные выработки действует горное давление, характер проявления и величина которого в разных элементах выработки (кровля, боках, подошве) может быть различной. И поэтому в зависимости от назначения горной выработки и ее размеров конструкция, несущая способность и деформационная характеристика крепи должны приниматься с учетом конкретных горно-геологических условий. В настоящее время широкое применение находят рамная крепь, анкерная и анкер-металлическая крепь. В статье приведены результаты исследований несущей способности этих видов крепей, проведенные в натурных условиях при проведении основных горных выработок в 11 угольных шахтах Кузбасса.

Extraction of minerals in Kuzbass has been going on for more than 100 years and one of the main problems is to ensure labor safety in underground conditions, to prevent the collapse of stripped rock. The rock mass is always in a stressed state and rock pressure acts on the driven mine workings, the manifestation nature and the magnitude of which in different elements of the working (roof, sides, bottom) can be different. And therefore, depending on the purpose of the mine working and its dimensions, the structure, bearing capacity and deformation characteristics of the support should be taken with the account of specific mining and geological conditions. At present, frame support, anchor and anchor-metal support are widely used. The article presents these types of supports' bearing capacity study results, carried out in real conditions during the main mine working driving in 11 coal mines of Kuzbass.

Ключевые слова: ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ, ЗАМЕРНЫЕ СТАНЦИИ, КОЭФФИЦИЕНТ УСТОЙЧИВОСТИ, ПЛОЩАДЬ ОБНАЖЕНИЙ, ПОРОДНЫЕ ОБНАЖЕНИЯ.

Keywords: INSTRUMENTAL OBSERVATIONS, MEASURING STATIONS, STABILITY COEFFICIENT, STRIPPED AREA, ROCK STRIPPING.

Разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом требует строительства подземных сооружений различного назначения, и для этого необходимо выполнение инженерных меропри-

ятий, чтобы обеспечить надежную эксплуатацию возводимых сооружений в течение всего периода их использования.

Крепление горных выработок предназначено для предотвращения смещения и обруше-

ния окружающих горных пород и обеспечения необходимых для эксплуатации формы и размеров поперечного сечения. И для выбора того или иного вида крепи необходимо выполнение комплекса функциональных, технических и экономических требований, учитывающих состояние породного массива и условия эксплуатации крепи.

Для решения поставленных задач по установлению закономерностей совместной работы рамной и анкерной крепей, а также закономерностей проявлений горного давления в выработках, закрепленных крепью АМК, проводились шахтные исследования горного давления в капитальных и подготовительных выработках ряда шахт Кузбасса. Целью и задачами исследований являлись выяснение физической природы и общих закономерностей механизма взаимодействия элементов крепи и массива в различных горно-геологических и технологических условиях сооружения выработки и установление качественных и количественных зависимостей степени влияния основных горно-геологических и технологических факторов на величину и характер деформирования окружающих пород в выработках.

При этом предусматривалось проведение комплекса шахтных исследований с инструментальными наблюдениями для изучения устойчивости породных обнажений в горных выработках, а также проведение комплекса шахтных исследований с оборудованием специальных контурных замерных станций для наблюдений за смещениями крепи и пород приконтурной части выработок.

В комплекс шахтных наблюдений за устойчивостью породных обнажений были включены: обследование и визуальные наблюдения за состоянием горных выработок; инструментальные наблюдения в выработках; исследование прочностных и деформационных характеристик пород.

При проведении комплекса наблюдений производился сбор необходимых данных и материалов и при этом устанавливались горно-геологические и технологические условия (прочность, мощность, обводненность, структурно-текстурная нарушенность массива, глубина, наличие соседних выработок и др.), в которых обеспечивается определенная степень устойчивости пород данного состава и свойств, и работоспособность применяемых конструкций крепей, а также характер поведения пород и крепи и степень их устойчивости в выработках (площадь обнажения и время сохранения ими устойчивого

состояния и др.).

Инструментальными наблюдениями изучалось поведение пород и крепи в выработках или на участке выработок, где условия поддержания отличались одним изучаемым фактором (например, выработка закреплена однотипной крепью, но пройдена на разных участках по различным породам); количество и элементы основных трещин в породах или крепи и их развитие во времени; относительные и абсолютные смещения пород и крепи и др.

При проведении комплекса шахтных наблюдений за устойчивостью породных обнажений и в период обследования выработок производился отбор проб основных литологических разновидностей, в которых проводились или поддерживались горные выработки.

При проведении комплекса исследований с помощью контурных замерных станций изучались свойства породного массива, в котором располагались горные выработки, величины смещений пород кровли и бортов, площадь обнажения пород и время сохранения устойчивого состояния, а также взаимодействие массива пород и применяемого типа крепи. При исследовании изучались основные параметры массива пород, а именно: структура, прочностные и деформационные характеристики пород, элементы залегания и интенсивность трещиноватости массива, и степень обводненности горных пород.

Величины смещений пород и крепи на контуре сечения выработок изучались на специально оборудованных контурных замерных станциях. Наблюдения проводились на 11 замерных станциях, установленных вне зоны влияния очистных работ. Относительные смещения реперов определялись с помощью специальной рулетки с точностью до 0,1 мм. Абсолютные смещения контура определялись по относительным с помощью метода «засечек» и графоаналитическим методом. Сравнение результатов, полученных этими методами, показало, что расхождение в них не превышает 10 %.

Контурные реперы закладывались вблизи забоя проводимой выработки в ее кровлю и борта на глубину 0,5 м от контура выработки. Реперы – металлические стержни – закреплялись в забое скважины с помощью деревянных или бетонных пробок и устанавливались с таким расчетом, чтобы после установки постоянной крепи была возможность производить соответствующие измерения между парными реперами. Для получения достоверных измеряемых величин смещений между реперами на каждой замерной станции закладывались 2 сечения реперов по

контур на расстоянии 2,0-3,0 м друг от друга.

Прочность пород в районе замерной станции определялась по стандартной методике на образцах цилиндрической формы диаметром 42 ± 3 мм, с отношением высоты к диаметру равным единице. Определялась также средневзвешенная прочность пород в кровле выработки на высоту равную 1,5 радиусам выработки.

Замерные станции устанавливались на 11 шахтах Кузбасса при проведении основных, откаточных и вентиляционных штреков в идентичных условиях – площадь поперечного сечения горных выработок в свету была от $10,3 \text{ м}^2$ до $12,9 \text{ м}^2$, глубина заложения горных выработок от 150 до 280 м, прочность горных пород составляла от 55 до 80 МПа, для крепления горных выработок применялась крепь СВП-22. Время наблюдения и снятия показаний замерных станций зависело от условий проведения горных выработок и составляло от 100 до 200 суток.

Горно-геологические условия участка, на котором устанавливались контурные замерные станции, оценивались коэффициентом устойчивости пород n , определяемым по формуле:

$$n = \frac{R_{\text{ср}}}{R_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{ср}}$ – средневзвешенный предел прочности горных пород, пересекаемых выработкой; $R_{\text{н}}$ – напряжения, действующие на контуре незакрепленной выработки.

$$R_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i K_{\text{ст},i} K_{\text{о},i} K_{\text{в},i} K_{\text{дл},i} M_i}{\sum_{i=1}^n}, \quad (2)$$

где R_i – прочность горной породы в образце i -го слоя, МПа; $K_{\text{см}}$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности пород i -го слоя (отдельности) за счет имеющихся в нем дефектов строения (коэффициент структурно-текстурного ослабления пород); $K_{\text{о}}$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности пород i -го слоя за счет контактов напластования между i -ми слоями, отдельностями (коэффициент контактного ослабления); $K_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности пород i -го слоя при обводнении; $K_{\text{дл}}$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности пород i -го слоя при длительном воздействии нагрузки (коэффициент длительной прочности); M_i – мощность i -го слоя породы, м.

$$R = \gamma H K_{\phi} K_{\text{вд}} K_{\text{во}}, \quad (3)$$

где γ – средневзвешенный объемный вес пород, МН/м^3 ; H – глубина заложения горной выработки, м; K_{ϕ} – коэффициент концентрации напряже-

ний, зависящий от формы поперечного сечения горной выработки; $K_{\text{вд}}$ – дополнительный коэффициент концентрации напряжений, учитывающий влияние соседних горных выработок; $K_{\text{во}}$ – дополнительный коэффициент концентрации напряжений, учитывающий влияние очистных работ ($K_{\text{во}} = 1$).

На рисунке 1 приведены наиболее характерные вывалы пород кровли и бортов выработок различной формы поперечного сечения, а также графики потери устойчивости пород во времени при различных значениях коэффициента устойчивости (S – площадь устойчивого обнажения м^2 ; T – время сохранения устойчивого состояния, час). Из графика видно, что при значениях коэффициента устойчивости $n > 0,65$, породные обнажения, имеющие площадь свыше 200 м^2 способны сохранять устойчивость в течение 80 и более час., при значениях коэффициента устойчивости $n < 0,3$, площадь устойчивого обнажения не превышает $20\text{-}25 \text{ м}^2$, а время сохранения устойчивого состояния – 4-5 час.

Анализ результатов исследований позволил установить связь между величиной коэффициента устойчивости, площадью обнажения и временем сохранения им устойчивого состояния.

Для каждого участка определялись также площадь устойчивого обнажения пород и длительность обнажения без обрушений и вывалов.

Исследования показали, что развитие смещений массива носит затухающий характер и стабилизируется, примерно через 2-4 месяца после его обнажения. Максимальные смещения (U_{max}) в кровле выработки составляют $280\text{-}300 \text{ мм}$, в бортах – 170 мм .

Наиболее интенсивно смещения развиваются в первые 30-35 суток существования выработки. Реализуемая за это время часть смещений (U_{30}) в значительной степени зависит от величины коэффициента устойчивости. При значениях коэффициента устойчивости n , находящихся в пределах $0,8 > n > 0,6$ в течение 30-35 суток смещения на $70\text{-}80 \%$, а при значениях коэффициента устойчивости в пределах $0,5 > n > 0,3$ – на $40\text{-}60 \%$.

На рисунке 2 приведена графическая зависимость $U = f(n)$ для комбинированной анкер-металлической крепи по результатам инструментальных замеров и обследований горных выработок. Для приведенного на рисунке поля точек получено следующее уравнение регрессии: $U = -0,002 - 0,023/n + 0,39/n^2$ (коэффициент корреляции – $0,876$). Из графика видно, что с ростом значений коэффициента устойчивости

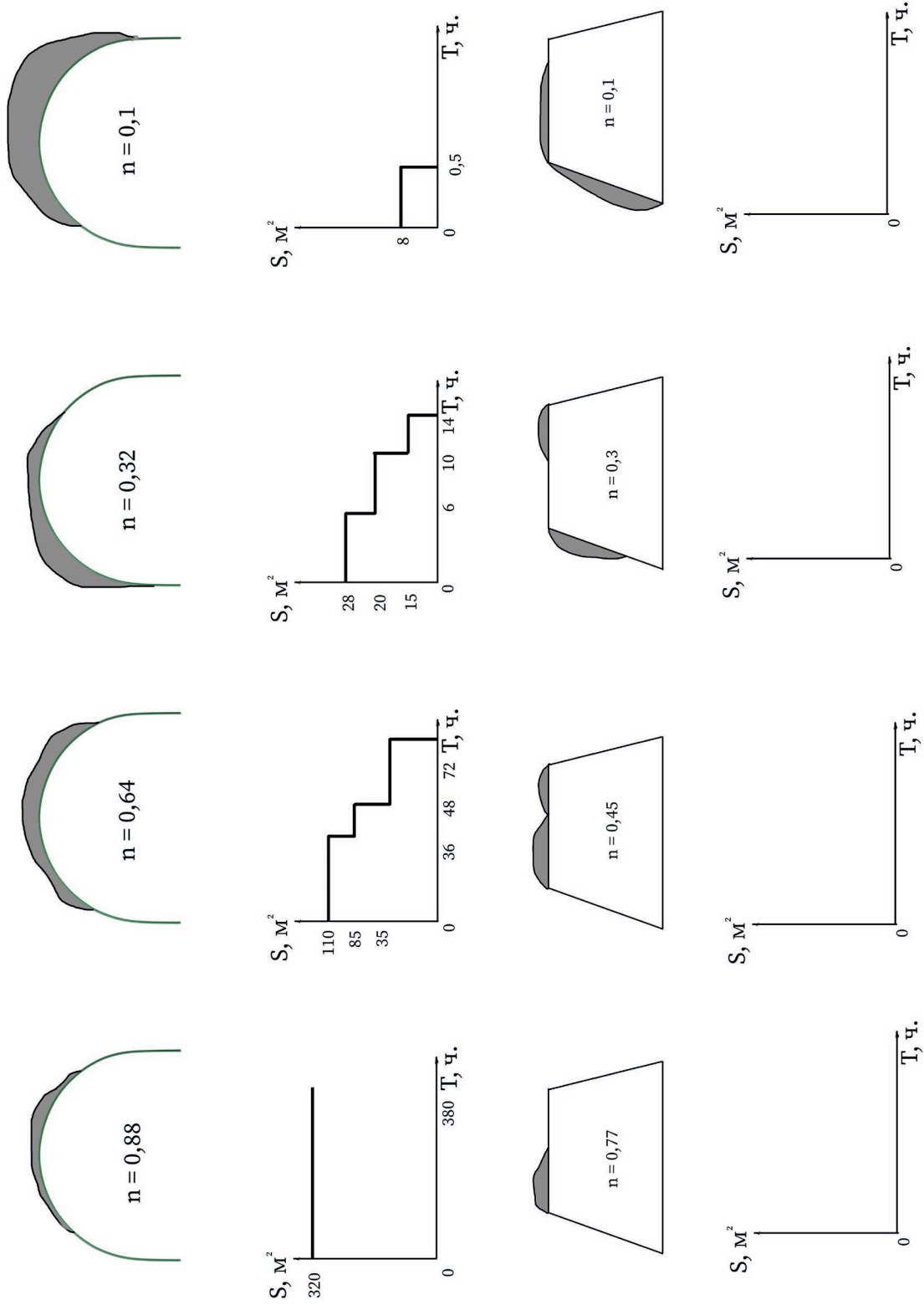


Рисунок 1. Характерные вывалы пород кровли и бортов в зависимости от коэффициента устойчивости (n)
 Figure 1 - Typical rock falls of the roof and side walls, depending on the stability coefficient (n)

Таблица 1. Классификация породных обнажений по степени устойчивости
 Table 1. Rock stripping classification according to the stability degree

Степень устойчивости породных обнажений	Значение коэффициента устойчивости	Краткая характеристика пород кровли	Мощность пород кровли, м	Прочность пород кровли, МПа	Площадь устойчивого обнажения пород, м ²	Время сохранения устойчивого состояния, ч
Устойчивые	$n > 0,65$	Массивные, однородные и слабослоистые, прочные песчаники и алевролиты	3-6 и более	70-120 и более	200-250 и более	50-250 и более
Средней устойчивости	$0,65 > n > 0,31$	Массивные, слоистые и трещиноватые песчаники и алевролиты средней прочности	0,7-1,5	30-80	180-200	4-48
Неустойчивые	$0,3 > n > 0,1$	Непосредственно в кровле залегают слабые, слоистые и трещиноватые породы. Встречаются пропластки угля и макродефекты строения	0,1-0,8	20-40	3-26	0,5-4
Весьма неустойчивые	$n < 0,1$	Весьма слабые, трещиноватые и тонкослоистые породы, общей мощностью не выше 0,5-0,6м ("ложная" кровля). Мощность слоев и отдельностей менее 0,1-0,15м	0,1-0,5 и менее	менее 20	Породы обрушаются в момент обнажения или через 5-15 мин по мере подвигания забоя выработки	

величины смещений уменьшаются. Так, при возрастании коэффициента устойчивости с 0,1 до 1,0 величина смещений уменьшается на 1000 %.

Проведенные шахтные исследования устойчивости породных обнажений, инструментальные наблюдения в выработках, закрепленных крепью АМК, изучение комплекса физических свойств горных пород показали, что в качестве критерия, характеризующего степень устойчивости породных обнажений может быть принят коэффициент устойчивости n , определяемый по формулам.

Использование данного критерия позволило классифицировать породные обнажения по степени их устойчивости. Предложенная классификация произведена для пород кровли и бортов подготовительных и капитальных выработок шириной до 6 м вне зоны влияния очистных работ. Классификационными признаками являются величина площади обнажений пород и длительность обнажения без обрушений и вывалов. По данной классификации породы кровли и бортов

проводимых выработок разделены на четыре категории (таблица 1). Для каждой определены диапазоны значений коэффициента устойчивости, прочностных характеристик пород, площади обнажения и сохранения им устойчивого состояния.

Так, породные обнажения, принадлежащие к первой категории и считающиеся устойчивыми, имеют площадь 200 м² и более и способны оставаться в таком состоянии 50-250 часов и дольше. Вмещающие породы, как правило, представлены массивными однородными и слабослоистыми песчаниками, имеют прочность на сжатие 80-120 МПа и более. Коэффициент устойчивости породных обнажений более 0,65.

Породные обнажения средней устойчивости могут иметь площадь до 180-200 м² и сохраняют устойчивость в течение 4-48 час. Вмещающие породы представлены массивными, слоистыми и трещиноватыми песчаниками и алевролитами с прочностью 40-80 МПа. Коэффициент устойчивости породных обнажений II

категории изменяется в пределах от 0,31 до 0,65.

Неустойчивые породные обнажения обрушаются через 0,5–4 часа и могут иметь площадь до 26 м². Вмещающие породы слабые, слоистые и трещиноватые, с прочностью 30–40 МПа. Ко-

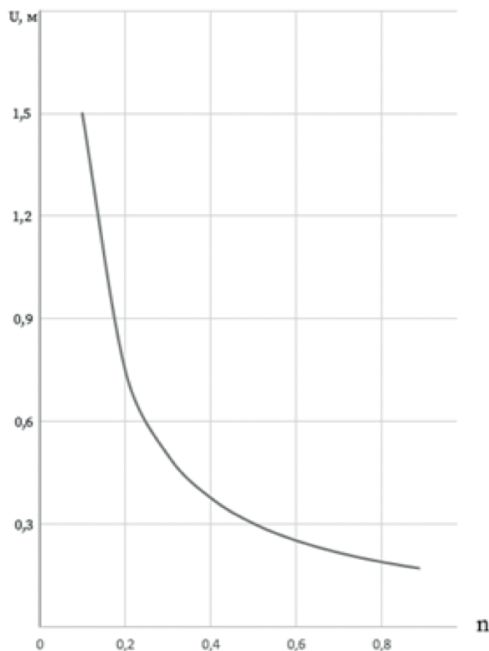


Рисунок 2. Зависимость смещений контура выработки (u) от величины коэффициента устойчивости (n)

Figure 2 opening contour displacements' dependence (u) on the value of the stability coefficient (n)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курленя, М. В. Развитие экспериментально-аналитического метода оценки устойчивости горных выработок / М. В. Курленя,
2. Масаев, Ю. А. Совершенствование конструкций анкерных крепей для сооружения горных выработок / Ю. А. Масаев, А. П. Политов, А. И. Ко-пытов, В. Ю. Масаев // Вестник научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. № 4, 2018. – С. 66-74.
3. Соломоиченко, А. А. Определение влияния напряжений и деформаций в окрестностях подготовительных выработок. Известия высших учебных заведений. Горный журнал, № 1, 2015. – С. 68-72.
4. Масаев, В. Ю. Сопоставление устойчивости выработок с различными типами крепей на физических моделях / В. Ю. Масаев, Фам Мань Хао, Е. Н. Свиридов // Повышение эффективности горнопроходческих работ. Межвуз. сб. научн. тр. КузПИ, 1989. – С. 217-232.
5. Масаев, В. Ю. Исследование условий применения облегченных крепей в подготовительных выработках шахт Томусинского района Кузбасса / Крепление, поддержание и охрана горных выработок // Ин-т горн. дела СО АН СССР, Новосибирск, 1985. – С. 109-114.
6. Грицко, Г. И. Определение напряженно-деформированного состояния массива вокруг протяженных пластовых выработок экспериментально-аналитическим методом / Г. И. Грицко, В. Н. Цыцаркин // ФТПРПИ, № 3, 1995. – С. 18-22.
7. Демин, В. Ф. Напряженно-деформированное состояние приконтурного углепородного массива / В. Ф. Демин, Д. С. Шонтаев и др. // Научно-технический и производственно-экономический журнал «Уголь». № 5, 2020. – С. 63-67.
8. 8. Абрамов, И. Н. Комплексный эксплуатационный геомониторинг состояния подземных сооружений с облегченной крепью / Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений // Труды V Международной конференции. – Екатеринбург, 2016. – С. 150-153.

REFERENCES

1. Kurlenia, M.V., Baryshnikov, V.D., & Gokhova, L.N. (2012). Razvitiye ek-sperimental'no-analiticheskogo metoda ot-senki ustoychivosti gornykh vyrabotok [Experimental-analytical method development for assessing the mine working stability]. FTPRPI, 4, 20-29 [in Russian].
2. Masaev, Yu.A., Politov, A.P., Kopytov, A.I., & Masaev, V.Yu. (2018). Sovershenstvovaniye konstruktсий ankernykh krepey dlya sooruzheniya gornykh vyrabotok [Im-provement of anchor support structures for the construction of mine workings]. Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnosti –Scientific Center

эффицент устойчивости породных обнажений III категории изменяется в пределах от 0,1 до 0,3.

Породные обнажения IV категории являются весьма неустойчивыми. Вмещающие породы представлены весьма слабыми, трещиноватыми и тонкослоистыми аргиллитами и алевролитами общей мощностью не более 0,5–0,6 м и прочностью – менее 20 МПа. Породы обрушаются в момент обнажения или через 5–15 мин по мере подвигания забоя выработки. Коэффициент устойчивости породных обнажений этой категории обычно менее 0,1.

Разработанная классификация позволяет:

- оценить механическое состояние породного массива, вмещающего выработку, то есть установить возможность сохранения выработкой устойчивого состояния и произвести количественную оценку возникающих при этом процессов и явлений;

- произвести выбор типа крепи для капитальных и подготовительных выработок с целью поддержания их в конкретных горно-геологических условиях, а также решать вопросы о необходимости применения предохранительной крепи в призабойном пространстве выработок;

- установить отставание постоянной крепи от забоя проводимой выработки, что чрезвычайно важно при проходке выработок скоростными методами.

- VostNII Herald of Industrial and Environmental Safety, 4, 66-74 [in Russian].
3. Solomoichenko, A.A. (2015). Opredeleniye vliyaniya napryazheniy i deformatsiy v okrestnostyakh podgotovitel'nykh vyrabotok [Stress and deformation effect detection in the vicinity of preparatory workings]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal - Proceedings of higher educational institutions. Mining magazine, 1, 68-72 [in Russian].
 4. Masaev, V.Yu., Fam Man' Xiao, & Sviridov, Ye.N. (1989). Sopostavleniye ustoychivosti vyrabotok s razlichnymi tipami krep'i na fizicheskikh modelyakh [Comparison of working stability with different support types on physical models]. Improving the efficiency of mine heading operations. Interuniversity collection of scientific works of KuzPI, 217-232 [in Russian].
 5. Masaev, V.Yu. (1985). Issledovaniye usloviy primeneniya oblegchennykh krep'ey v podgotovitel'nykh vyrabotkakh shakht Tomusinskogo rayona Kuzbassa [Conditions study for the use of lightweight supports in the preparatory workings of the Kuzbass Tomusinsky district mines]. Supporting, maintenance and protection of mine workings // Institute of Mining of the USSR Academy of Sciences Siberian Branch, Novosibirsk, 109-114 [in Russian].
 6. Gritsko, G.I., & Tsyt'sarkin, V.N. (1995) Opredeleniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya mas-siva vokrug protyazhennykh plas-tovykh vyrabotok eksperimental'no-analiticheskim metodom [Determination of the rock mass stress-strain state around the extended seam workings by the experimental-analytical method]. FTPRPI, 3, 18-22 [in Russian].
 7. Demin, V.F., Shontaev, D.S., et al. (2020). Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye prikonturnogo ugleporodnogo massiva [Stress-strain state of the contour coal-rock mass]. Ugol – Coal, 5, 63-67 [in Russian].
 8. Abramov, I.N. (2016). Kompleksnyy ekspluatatsionnyy geomonitring sostoyaniya podzemnykh sooruzheniy s oblegchennoy krep'yu [Integrated operational geomonitring of the lightweight support underground structures state]. Proceedings from Design, construction and operation of underground structure complexes. V Mezhdunarodnaya konferentsia – 5th International Conference (pp. 150-153). Yekaterin-burg [in Russian].



ООО "Горный-ЦОТ"
indsafe.ru

ИЗСТ-01

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЗАПЫЛЕННОСТИ СТАЦИОНАРНЫЙ



В.М. Тарасов // V. M. Tarasov
rivalsit@yandex.ru

генеральный директор ООО «Ривальс Современные инновационные технологии», Россия, 650023, г. Кемерово, пр. Московский, 17
General Director of ООО "Rivals Modern innovative technologies", Russia, 650023, Kemerovo, Moskovsky pr., 17



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



Н. И. Тарасова // N. I. Tarasova
indsafety@yandex.ru

генеральный директор ООО «ИКЦ «Промышленная безопасность», Россия, 650000, г. Кемерово, ул. 50 лет Октября, д. 12А
General Director of ООО «ICC «Industrial Safety», Russia, 650000, Kemerovo, st. 50 years of October, 12A



Д. В. Тарасов // D. V. Tarasov
indsafety@yandex.ru

специалист ОТиПБ ООО «ИКЦ «Промышленная безопасность», Россия, 650000, г. Кемерово, ул. 50 лет Октября, д. 12А
Labor Safety and Fire Protection Specialist, ООО «ICC «Industrial Safety», Russia, 650000, Kemerovo, st. 50 years of October, 12A

УДК 622.831;331.461, 622.33

НЕУПРАВЛЯЕМОЕ ОПОРНОЕ ДАВЛЕНИЕ – НЕГАТИВНЫЙ ФАКТ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЯ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

UNCONTROLLED SUPPORT PRESSURE IS A NEGATIVE FACT OF UN-DERGROUND COAL DEVELOPMENT SYSTEMS

Для предотвращения аварий при добыче угля подземным способом авторами в статье рассматривается секция механизированной крепи нового типа в концепции взаимодействия с геомеханическими процессами в горном массиве, а именно в капсуле термодинамического баланса. Новизна в сравнении с аналогичными отечественными и зарубежными разработками заключается в том, что геомеханическая система «крепь-горный массив» приводится в состояние равновесия, повышая безопасность ведения горных работ в очистном забое.

To prevent accidents during underground coal mining, the authors consider a new type of power support section in the concept of interaction with geomechanical processes in the rock mass, namely in the thermodynamic balance capsule. The novelty in comparison with similar domestic and foreign developments lies in the fact that the geomechanical system "support-rock mass" is brought into a state of equilibrium, increasing the safety of mining operations at the extraction face.

Ключевые слова: ДОБЫЧА УГЛЯ, ЛАВА, СЕКЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ НОВОГО ТИПА, КАПСУЛА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО БАЛАНСА, УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА, БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Key words: COAL MINING, LONGWALL, SECTION OF A NEW TYPE POWER SUPPORT (PSS), THERMODYNAMIC BALANCE CAPSULE (TDBC), RIGID BODY EQUILIBRIUM CONDITION, SAFETY, EFFICIENCY.

Учеными зарубежных стран и России ведутся исследования причин аварий, связанных с внезапными выбросами угля и газа. В то же время существуют проблемы обеспечения безопасности труда шахтеров при добыче угля подземным способом [1–6].

Неуправляемое опорное давление с очень высоким потенциалом напряжения является одним из главных негативных факторов всех систем разработки угольных месторождений под-

земным способом.

Рассмотрим пример воздействия капсулы термодинамического баланса (КТДБ) на забой лавы и на секции механизированной крепи (СМК) произошедшей аварии – выброс угля, угольной пыли и газа, с групповым несчастным случаем на ООО «Шахта им. С.Д. Тихова» 08.02.2019 года. Данная авария наглядно показала пример воздействия КТДБ на СМК поддерживающе-оградительного типа, которая утратила свою поддерживающую способность и

сам забой лавы, произошла ненулевая работа с выделением колоссальной энергии, выброс газопылевой смеси и большого объема горной массы.

Первый шаг обрушения основной кровли – через 76 м подвигания лавы от монтажной камеры. Последующие шаги обрушения – через 29 м. Опорное давление на забой лавы по всему фронту и по штрекам составит 47 м (67 - 29).

Порядок отработки лавы обратный, способ выемки угля комбайновый, узкозахватным комбайном МВ-450, ширина захвата 0,8 м. Крепь поддерживающе-оградительного типа МКЮ 2У-09/23 – 123 секций; переходная механизированная крепь МКЮ 2У-09/23П – 6 секций.

Авария произошла в лаве № 23-1-4 на секциях крепи 87-92 в 10 часов 05 минут, когда приступили к выемке угля по направлению сверху вниз, после перемещения комбайна от верхнего сопряжения на расстояние 7,5 м во время передвижки секции крепи. В 10 часов 17 минут комбайн находился в районе секции 87-93, произошел отжим угля из груды забоя лавы с повышенным газовыделением, концентрация метана на датчике системы АГК, установленном на исходящей очистной забое, составила 19,37 %. Система АГК отключила напряжение на выемочном участке. Отжатым углем было перекрыто сечение лавы на протяжении 27 м (секции № 87 – 105). Объем отжатого угля составил 180 т, выделено 4006,6 м³ метана (22, 2 м³ на тонну) [7].

Для предотвращения подобных аварий с человеческими жертвами предлагается новый

тип секции механизированной крепи. Задачей нового типа СМК является то, что четырехзвенник с ограждающим элементом и завальной частью основания и завальной консолью поддерживающего элемента выполняет роль подвижного гидравлического замка в КТДБ, а забойная часть основания и линейная секция (рештак) лавного конвейера соединена жестко на два пальца с балкой передвижки лавного конвейера. Забойная консоль поддерживающего элемента до шарнира с гидростойкой выполняет функцию подвижного гидравлического клапана в целике горного массива (боковых породах). Это позволяет оставить первую часть объема метана и избавиться от второй и третьей частей и всю энергию, сконцентрированную в оболочке КТДБ, задействовать, применив закон физики «Второе условие равновесия твердого тела» [8], а первую зону, в которой работает лава, вывести из-под влияния и воздействия КТДБ в целик – недеформированный горный массив самой капсулы, где находится непосредственно забой и призабойное пространство. Рассмотрим состояние равновесия твердого тела (второй закон Ньютона) во взаимодействии с боковыми породами.

Техническим результатом работы СМК нового типа является подвижно-гидравлический клапан в боковых породах и замок в КТДБ, которые позволяют в расчетах газообильности лавы оставить первую часть объема метана, на которую можно воздействовать, и исключить вторую и третью части, на которые воздействовать невозможно, а главное вывести первую зону, в

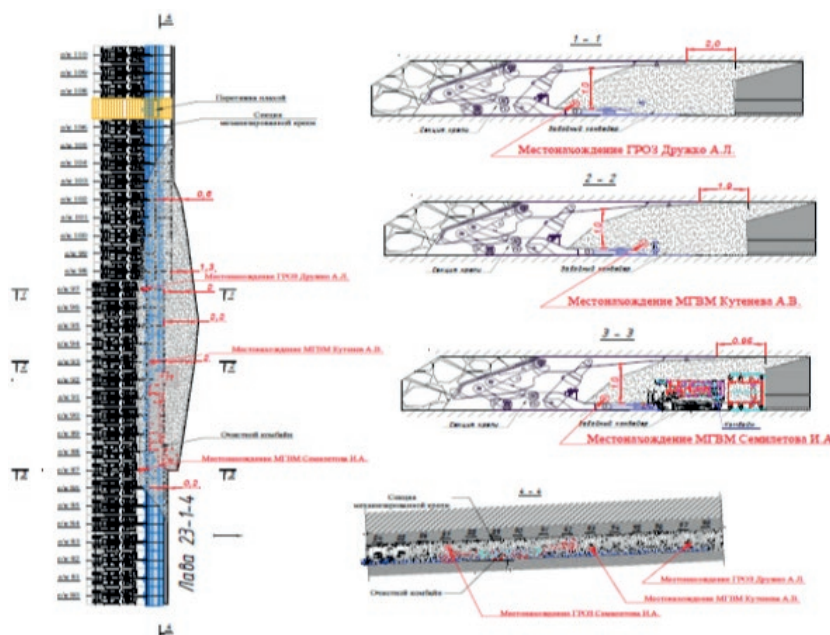


Рисунок 1. Схема места группового несчастного случая в очистном забое 23-1-4 ООО «Шахта им. С.Д. Тихова»

Figure 1 Scheme of the group accident site at the extraction face 23-1-4 of ООО "S. D. Tikhov Mine "

которой работает лава, из-под влияния КТДБ, и всю энергию, сконцентрированную в оболочке КТДБ, заставить работать совместно с СМК в функции подвижного гидравлического клапана в боковых породах и замка, т.е. задействовать закон физики «Второе условие равновесия твердого тела».

На рис. 2 показана СМК нового типа: подвижно-гидравлический клапан в боковых породах и замок в КТДБ и ее работа.

Функции клапана и замка в КТДБ при разгрузке СМК 10 (рис.2) гидростойки сокращаются. Поддерживающий элемент совершает ненулевую работу подвижного гидравлического замка в КТДБ (рис.1, цвет красный), замок открывается, подвижный гидравлический клапан приоткрывается (рис.2, цвет зеленый), и мгновенно вся колоссальная энергия, сконцентрированная в капсуле и оболочке термодинамического баланса (рис.2, цвет синий, III зона и II зона), воздействует на передвижку секции механизированной крепи. В завале происходит обрушение, СМК 10 задвинулась, у гидростойки происходит распор, подвижный гидравлический клапан (цвет зеленый) закрывается, и подвижный гидравлический замок (цвет красный) в капсуле термодинамического баланса тоже закрывается, кольцо капсулы

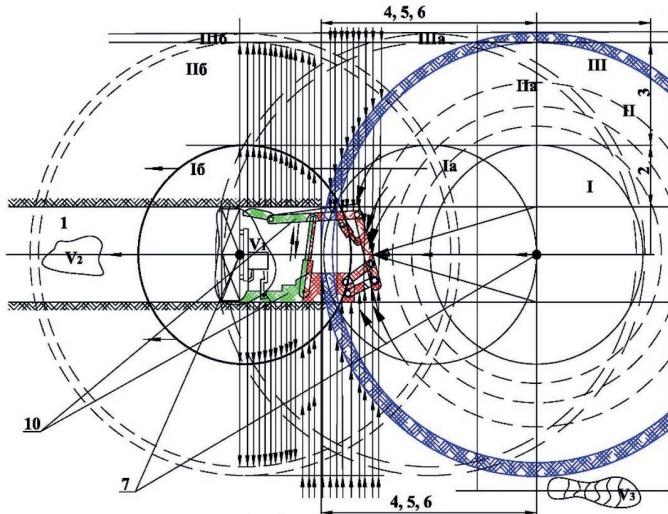


Рисунок 2. СМК нового типа: подвижный гидравлический клапан в боковых породах и замок в КТДБ. Ia - смещение первой зоны КТДБ; Ib - вывод первой зоны и извлечение из-под влияния КТДБ; IIa и IIb - не произошедшие смещение зон, вторая зона осталась в КТДБ; IIIa и IIIb - третья зона, не произошедшие смещение КТДБ

Figure 2 - a new type PSS: a movable hydraulic valve in side rocks and a lock in TDBC. Ia - displacement of TDBC first zone; Ib - withdrawal of the first zone and extraction from TDBC influence of; IIa and IIb - zone displacement that did not occur, the second zone remained in the TDBC; IIIa and IIIb - the third zone, no displacement of TDBC occurred

лы (синий цвет) замыкается через секцию механизированной крепи 10.

Происходит равновесие твердого тела – равновесие СМК 10. Сумма моментов всех внешних сил, действующих на нее относительно оси, проходящей через посадочные места поддерживающих элементов и оснований и сами гидростойки, равна нулю: избыточное давление в системе распора гидростоек секции механизированной крепи сбрасывается наружу через предохранительный клапан.

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0,$$

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0.$$

Таким образом, второе условие равновесия твердого тела - это условие нулевой работы, которое выполняется в СМК нового типа: подвижный гидравлический клапан в боковых породах и замок в КТДБ.

Силовая составляющая гидростойки (реакция опоры рычагов) работает по касательной к силовой составляющей третьей зоны III практически вертикально, но вертикальное положение они не займут согласно теореме Ривальса «Движение сферического твердого тела относительно точки» и клинья - резцы на секции механизированной крепи [11] во второй зоне II совместно с массой породы и силами, заключенными в самой КТДБ, совершают работу с положительным моментом относительно вертикальной оси рычага (рис. 2). Тем самым инициируя обрушение в трудно обрушаемых боковых породах. А другая сторона рычага - забойная консоль перекрытия от забоя до вертикальной оси шарниров рычага гидростоек - совершает работу с отрицательным моментом, тем самым не давая деформироваться горному массиву, включающему в себя пласт твердого полезного ископаемого (угля) соответственно и грудь забоя до того момента, когда работа отсутствует (нулевой работы). Работает второе условие равновесия твердого тела. Видно, как четырехзвенник с ограждающим элементом и завальной частью основания и завальной консолью перекрытия выполняют роль подвижного гидравлического замка в КТДБ, при разгрузке СМК 10 КТДБ рвется (рис. 2). Силы, заключающиеся в этом кольце, со скоростью звука воздействуют на завальную часть СМК, увеличивая скорость передвижки СМК. При распоре СМК кольцо третьей зоны III закрывается, и забойная часть СМК выполняет функцию подвижного гидравлического клапана в боковых породах, тем самым ограждая призабойное пространство и позволяя вывести первую зону I в

целик из КТДБ от всех негативных последствий, происходящих во **второй зоне II** и за пределами КТДБ, где образуются параллельные трещины в массиве, а первая зона является призабойным пространством лавы.

Новый тип СМК позволяет повысить уровень промышленной безопасности и эффективности работы СМК; значительно снизить опасность ведения горных работ и газообильность в лаве; увеличить скорость передвижения СМК и производительность труда, увеличить срок эксплуатации СМК, снизить себестоимость добычи угля.

В разы снижается металлоемкость СМК, отпадет необходимость увеличивать силовую составляющую гидросистемы механизированного комплекса, исключает аварийные ситуации в лаве внезапного выброса газа метана.

При условии, если балка передвижки лавного конвейера соединена просто шарнирно или спаренным шарниром, то условие равновесия отсутствует.

В 2005 году при выемке угля на шахте «Первомайская» (г. Березовский, Кемеровская область) произошел случай, когда силы, заключенные в КТДБ, опрокинули 40-тонный комбайн по выемке угля вместе с линейными секциями лавного конвейера от забоя в лаву, комбайн с линейными секциями лавного конвейера заваливался на гидростойки и на основание СМК [9].

На рисунке 2 изображено, как СМК 10 формирует ограждающие пространство в целике горного массива и в период первичного обрушения непосредственной и основной кровли извлекают **первую зону I** из КТДБ, где лава работает в целике горного массива и взаимодействует с самой КТДБ. Поддерживающий элемент (перекрытие) СМК на оси шарнира с гидростойками и линейная секция лавного конвейера (рештак), соединенная с балкой передвижки (жестко на два пальца или шарнирно через домкрат) и основанием в посадочном месте с шарнирами под гидростойки и является двумя рычагами относительно гидростоек [8].

Рассмотрим работу СМК, а именно поддерживающего элемента на примере работы стержня, шарнирно закрепленного на горизонтальной оси в точке O , которая представляет собой рычаг (рис. 3). В условии равновесия работа поддерживающего элемента будет точно такая же, как линейная секция лавного конвейера (рештак), соединенная с балкой передвижки (жестко на два пальца или шарнирно через домкрат) и основанием с шарнирами под гидростойки.

К рычагу, приложены перпендикулярно стержню силы F_1 и F_2 .

В нашем случае - это сила обрушающихся боковых пород. Кроме сил F_1 и F_2 , на рычаг действует направленная вертикально вверх сила реакции F_3 со стороны оси рычага и силой гидростойки.³ При равновесии рычага сумма всех трех сил равна нулю:

$$F_1 + F_2 + F_3 = 0$$

Это состояние СМК и ее перекрытия мы видим до обрушения основной кровли или до того момента, когда КТДБ опередит лаву по продвижению. Вычислим работу, которую совершают внешние силы при повороте рычага на малый угол α . Точки приложения сил F_1 и F_2 пройдут пути $s_1 = BB_1$ и $s_2 = CC_1$ (дуги BB_1 и CC_1 при малых углах α можно считать прямолинейными отрезками).

Работа $A_1 = F_1 s_1$ силы F_1 положительна, потому что точка B перемещается по направлению действия силы, а работа $A_2 = -F_2 s_2$ силы F_2 отрицательна, поскольку точка C движется в сторону, противоположную направлению силы F_2 .

Сила F_3 работы не совершает, так как точка ее приложения не перемещается.

Пройденные пути s_1 и s_2 можно выразить через угол поворота рычага α , измеренный в радианах: $s_1 = \alpha |BO|$ и $s_2 = \alpha |CO|$.

Учитывая это, выражения для работы будут иметь вид:

$$\begin{aligned} A_1 &= F_1 \alpha |BO| \\ A_2 &= -F_2 \alpha |CO| \end{aligned} \quad (1)$$

Радиусы BO и CO дуг окружностей, описываемых точками приложения сил F_1 и F_2 , являются перпендикулярами, опущенными из оси вращения на линии действия этих сил.

Кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы есть не что иное, как плечо силы, обозначим **плечо силы** буквой d .

Тогда $|BO| = d_1$ - плечо силы F_1 , а $|CO| = d_2$ - плечо силы F_2 . При этом выражения (1) примут

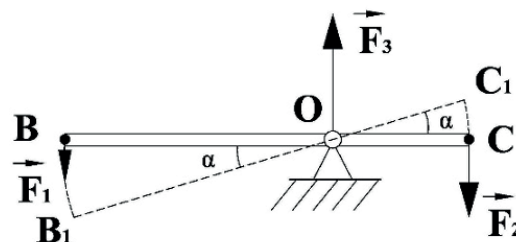


Рисунок 3. Стержень, шарнирно закрепленный на горизонтальной оси в точке O , который представляет собой рычаг
Figure 3 A rod, pivotally fixed on a horizontal axis at point O , which is a lever

вид:

$$\begin{aligned} A_1 &= F_1 \alpha d_1, \\ A_2 &= -F_2 \alpha d_2. \end{aligned} \quad (2)$$

Из формул (2) видно, что при заданном угле поворота тела (стержня) работа каждой приложенной к этому телу силы равна произведению модуля силы на плечо, взятому со знаком «+» или «-», что и является **моментом силы**.

Момент силы \vec{F} обозначим буквой M :

$$M = \pm Fd$$

Считается момент силы \vec{F} **положительным**, если она стремится повернуть тело против часовой стрелки, и **отрицательным**, если по часовой стрелке. Тогда момент силы \vec{F}_1 равен $M_1 = F_1 d_1$ (рис. 3), а момент силы \vec{F}_2 равен $M_2 = -F_2 d_2$.

Следовательно, выражения (2) для работы можно переписать в виде:

$$\begin{aligned} A_1 &= M_1 \alpha, \\ A_2 &= M_2 \alpha, \end{aligned} \quad (3)$$

а полную работу внешних сил выразить формулой:

$$A = A_1 + A_2 = (M_1 + M_2) \alpha. \quad (4)$$

Когда тело приходит в движение, его **кинетическая энергия** увеличивается. Для увеличения кинетической энергии внешние силы должны совершить работу. Согласно уравнению (4) **ненулевая работа может быть совершена лишь в том случае, если суммарный момент внешних сил отличен от нуля. И работа, которую совершают внешние силы, происходит с поддерживающим элементом секции механизированной крепи, плюс сила \vec{F}_3 совершает работу, перемещаясь по направлению к забою, отходя от вертикали в посадочных местах поддерживающего элемента секции с поддерживающим элементом на забой (рис.4)**

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \neq 0.$$

Если суммарный момент внешних сил, действующих на тело, равен нулю, то работа не совершается, и кинетическая энергия тела не увеличивается (остается равной нулю).

Следовательно, тело не приходит в движение. В нашем случае это поддерживающий элемент секции механизированной крепи с линейными секциями (рештаками) лавного конвейера и балкой передвижки (соединенная жестко на два пальца или шарнирно через домкрат) и основанием в шарнире гидростойки относительно вертикали.

Равенство (5) является вторым условием, необходимым для равновесия твердого тела.

$$M_1 + M_2 = 0 \quad (5)$$



Рисунок 4. Ненулевая работа СМК с положительным моментом силы, запрограммируемая в монтажной камере.
Figure 4 - Non-zero work of the PSS with a positive moment of force, programmable in the assembly chamber.

При **равновесии** твердого тела сумма моментов всех внешних сил, действующих на него относительно любой оси, равна нулю.

В случае произвольного числа внешних сил условия равновесия абсолютно твердого тела следующие:

$$\begin{aligned} \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0, \\ M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Это условие выполняется в СМК нового типа. Они работают как подвижный гидравлический клапан в боковых породах и замке в КТДБ. Сила \vec{F}_3 в точке ее приложения по линии гидростоек будет всегда стремиться занять перпендикулярное положение, но на забой СМК не наклонятся согласно теореме Ривальса «Сферического движение твердого тела относительно точки» [10].

Одним из базовых доказательств является то, что ядро КТДБ - сфера, которая движется вместе с лавой впереди КТДБ, что



Рисунок 5. Действующая эксплуатация СМК: СМК наклонены на забой, поддерживающие и ограждающие элементы находятся на одной линии или в одной плоскости, поддерживающая способность утрачена (отсутствует)
Figure 5 - The current operation of the PSS: the PSS is tilted to the face, the supporting and protective elements are on the same line, or in the same plane, supportive ability lost (absent)

доказывает теорема Ривальса. Условия (6) являются необходимыми и достаточными для равновесия твердого тела. Если они выполняются, то твердое тело находится в равновесии, так как сумма сил, действующих на каждый элемент этого тела, равна нулю.

Рычаг является элементом многих современных орудий труда: от ножниц и плоскогубцев до рукоятки ручного тормоза автомобиля и стрелы подъемного крана [11].

Данное условие позволяет вывести **первую зону I – ядро** (рис.2) из КТДБ в целик – недеформированный горный массив самой КТДБ и из-под влияния КТДБ, где находится непосредственно сам забой и призабойное пространство. Забойные консоли оснований и линейными секциями (рештаками) лавного конвейера и балкой передвижки и поддерживающих элементов СМК до шарниров с гидростойками выполняют функцию подвижного гидравлического клапана в боковых породах пласта твердого полезного ископаемого (кровле и почве), позволяют оставить в наличии в исходящей воздушной смеси лавы только первый объем метана (это метан от отрезанного комбайном угля) и незначительное сульфидное выделение от обновленного забоя. А завальные консоли оснований, и поддерживающие элементы СМК до шарниров с гидростойками, и ограждающие элементы с четырехзвенником выполняют функцию подвижного гидравлического замка в самой КТДБ (кольцо 100-150мм ширины) в боковых породах пласта твердого полезного ископаемого в кровле и почве.

Таким образом, СМК нового типа: подвижный гидравлический клапан в боковых породах и замок в КТДБ позволяют вывести **первую зону (ядро)** в целик горного массива из-под влияния **второй и третьей зоны** КТДБ, а силы, заключенные в самой КТДБ, использовать, применяя физический закон «Второе условие равновесия твердого тела» функционально.

Этот тип СМК позволит перераспределить эпюру горного давления, привести ее в равновесие с КТДБ, где будет происходить нулевая работа после каждой разгрузки, передвижки и распора секций механизированной крепи.

Обязательным условием является рассмотрение СМК с секцией лавного конвейера и балкой передвижки в комплексе как единое целое.

Все шарниры СМК должны периодически обрабатываться смазывающим веществом для лучшего скольжения, а шарниры на основании с гидростойками не только смазываются, но и периодически расштыбовываются.

Домкрат, который предназначен для прижатия балки передвижки и лавного конвейера к почве лавы и качественной зачистки дорожки, должен оставаться подключенным к передвижке лавного конвейера, а не к передвижке СМК и поднятию основания СМК и самой СМК.

После того как многозвенный шарнирный механизм СМК, секция лавного конвейера с балкой передвижки и основание пришли в равновесие, происходит нулевая работа.

Этот закон позволяет сделать вывод, что нет необходимости на каждый элемент СМК размещать позиционные датчики в пространстве с увязкой в гидросистему СМК, усиливать гидросистему, увеличивать металлоемкость СМК, что ведет к увеличению стоимости СМК.

Предлагаемая новая технология монтажа и эксплуатации СМК и нового типа СМК неопровержимо научно доказывается:

1. Взаимодействие СМК с опережающим опорным давлением в лаве [12].

2. Образование силовой составляющей в виде фермы в боковых породах лавы, где присутствуют ромбы, узлы связи, что позволяет легко обрушающиеся породы стабилизировать, а зависающим блочным производить отрыв вне зоны работы лавы, а в завальной части лавы, за СМК [13].

3. Гипотеза П. М. Цимбаревича применительно к СМК для лавы, которая перетекает в концепцию только для новой (предлагаемой) технологии.

4. Закон теоретической механики, глава «Кинематика твердого тела», раздел «Сферическое движение твердого тела» применительно к СМК доказывается, применяя теорему Ривальса [10].

5. СМК нового типа: подвижный гидравлический клапан в боковых породах и замок в капсуле термодинамического баланса на основе II закона Ньютона «Второе условие равновесия твердого тела» [11].

Проведя модернизацию всех механизированных комплексов, осуществив перевод их на новый тип механизированной крепи: подвижный гидравлический клапан в боковых породах и замок в капсуле термодинамического баланса (патент на изобретение Российской Федерации № 2546689 [11]) можно существенно снизить уровень риска аварийности, травматизма, повысить экономические показатели угольной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Syd S. Peng. Coal Mine Ground Control. – West Virginia University, 2008. –750 p.
2. Syd S., Peng H. S. Chiang. Longwall Mining. New York, 1984.
3. Ferguson P. A. Longwall mines systems and geology // Mining Conger. Jour.1971. № 12.
4. Syd S. Peng. Longwall Mining. Ground Control. American Coal, February 1996.
5. Syd S. Peng. Longwall Mining. — West Virginia University, 2006. — 621 p.
6. Steve Fiscor. Total Number of Longwall Faces Drops Below 50 // Coal Age. - № 2. - 2009. - P. 24-32.
7. Тарасова, Н.И. Групповой несчастный случай ООО «Шахта им.С.Д. Тихова», Ленинск-Кузнецкий//Информационный бюллетень «Охрана труда и промышленная безопасность».-2019.-№3-2019 С.34-40.
8. Мякишев, Г. Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразовательных учреждений: базовый и профил. уровни / Г. Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; – 17-е изд., перераб. и доп. - М.: Просвещение, 2008. – 366 с;
9. Клишин, В. И. Аварий можно избежать [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ria-sibir.ru/viewnews/20687.html>
10. Тарасов, В. М. Инновационный подход к вопросам монтажа и эксплуатации секции механизированной крепи/ В. М. Тарасов, Г. Д. Буялич, Н. И. Тарасова //Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности.- 2013.- № 1.1-2013 С.115-126.
11. Пат. 2546689 РФ: МПК Е 21 D 23/04 (2006.01). Секция механизированной крепи нового типа: подвижный гидравлический клапан в боковых породах и замок в капсуле термодинамического баланса [Текст]/Тарасов В. М., Тарасова А. В., Тарасов Д. В., Тарасов А. В.; патентообладатели Тарасов В. М., ООО «Ривальс СОВРЕМЕННЫЕ ИН-НОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» (ООО «РивильСИТ»). – № 2013141858/03; заявл. 12.09.2013; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10. – 19 с.
12. Тарасов, В. М. Повышение безопасности работ при взаимодействии секций механизированных крепей с кровлей в призабойном пространстве лавы/ В. М. Тарасов, Г. Д. Буялич, Н. И. Тарасова//Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности.- 2013.- № 1.2-2013 С.130-135.
13. Тарасов, В. М. Влияние компоновки механизированной крепи на ее взаимодействие с трудноуправляемой кровлей в призабойном пространстве лавы/ В. М. Тарасов, Г. Д. Буялич, Н. И. Тарасова//Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности.- 2013.- № 1.2-2013 С.136-140.

REFERENCES

1. Syd S. Peng. (2008). Coal Mine Ground Control. – West Virginia University [in English].
2. Syd S., Peng H. S. (1984). Chiang. Longwall Mining. New York [in English].
3. Ferguson P. A. (1971). Longwall mines systems and geology. Mining Conger. Jour., 12 [in English].
4. Syd S. Peng. (1996). Longwall Mining. Ground Control. American Coal, February [in English].
5. Syd S. Peng. (2006). Longwall Mining. — West Virginia University [in English].
6. Steve Fiscor. (2009). Total Number of Longwall Faces Drops Below 50. Coal Age, 2, 24-32 [in English].
7. Tarasova, N.I. (2019). Gruppovoy neschastnyy sluchay ООО «Shakhta im.S.D. Tikhova», Leninsk-Kuznetskiy [Group accident of ООО "Mine named after S.D. Tikhov", Leninsk-Kuznetskiy]. Informatsionnyy byulleten' «Okhrana truda i promyshlennaya bezopasnost'» - Information bulletin "Labor protection and industrial safety", 3, 34-40 [in Russian].
8. Miakishev, G.Ya., Bukhovtsev, B.B. & Sot-sky, N.N. (2008). Fizika: uchebnyy dlya 10 klassa obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniy: bazovyy i profil'nyy urovni [Physics: textbook for grade 10 of educational institutions: basic and profile levels]. Moscow: Prosveshchenie [in Russian].
9. Klishin, V.I. Avarii mozno izbezhat' [Accidents can be avoided]. Retrieved from: <http://ria-sibir.ru/viewnews/20687.html> [in Russian].
10. Tarasov, V.M., Buyalich, G.D., & Tarasova, N.I. (2013). Innovatsionnyy podkhod k voprosam montazha i ekspluatatsii seksii mekhanizirovannoy krepki [An innovative approach to the assembly and operation of the roof power support section]. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 1, 115-126 [in Russian].
11. Patent 2546689 RF. Tarasov, V.M., Tarasova, A.V., & Tarasov, D.V., & Tarasov, A.V., ООО "Rival'SIT". Sektsiya mekhanizirovannoy krepki novogo tipa: podvizhnyy gidravlicheskiy klapan v bokovykh porodakh i zamok v kapsule termodinamicheskogo balansa [Roof power support section of a new type: movable hydraulic valve in the side rocks and a lock in the thermodynamic balance capsule]. [in Russian].
12. Tarasov, V.M., Buyalich, G.D., & Tarasova, N.I. (2013). Povysheniye bezopasnosti rabot pri vzaimodeystvii seksiy mekhanizirovannykh krepki s krovley v prizaboynom prostranstve lavy [Improving the safety of work when the sections of power roof supports interact with the roof in the face area of the longwall]. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 1.2, 130-135 [in Russian].
13. Tarasov, V.M., Buyalich, G.D., & Tarasova, N.I. (2013). Vliyaniye komponovki mekhanizirovannoy krepki na yeyo vzaimodeystviye s trudno upravlyayemoy krovley v prizaboynom prostranstve lavy [Influence of a power roof support layout on its interaction with a hard-to-control roof in the longwall face space]. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 1.2, 136-140 [in Russian].



В.Ю. Масаев // V.Yu. Masaev

канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО КузГТУ, 650000, г.Кемерово, ул. Весенняя 28
 candidate of technical sciences, associate professor FGBOU VO KuzGTU, 650000, Kemerovo, st. Vesenya 28



Ю.А. Масаев // Yu.A. Masaev

канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО КузГТУ, 650000, г.Кемерово, ул. Весенняя 28
 candidate of technical sciences, professor FGBOU VO KuzGTU, 650000, Kemerovo, st. Vesenya 28



В.А. Карасев// V.A. Karasev

канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО КузГТУ, заместитель директора Горного института, 650000, г.Кемерово, ул. Весенняя 28
 candidate of technical sciences, associate professor FGBOU VO KuzGTU, Mining Institute deputy director, , 650000, г.Кемерово, ул. Весенняя 28

УДК 622.268; 622.281.2

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КРЕПЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДЕЙСТВУЮЩИХ НАГРУЗКАХ

SUPPORTS UNDER VARIOUS ACTING LOADS PERFORMANCE INVESTIGATION BY THE METHOD OF EQUIVALENT MATERIALS

При разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом очень важной проблемой является обеспечение безаварийной работы горнодобывающих предприятий и предотвращение обрушений обнажаемых породных массивов. Для этого применяются различные виды крепей в зависимости от срока службы горных выработок, глубины их расположения, формы и размера поперечного сечения, способов отбойки горных пород и других факторов. Породные массивы находятся в различных состояниях, предугадать которые очень сложно и оценить их действия не всегда возможно, поэтому необходимо проводить исследования по восприятию нагрузок на применяемые виды крепей. В статье рассмотрены результаты исследований по моделированию методом эквивалентных материалов различных видов крепей, воспринимающих различные по величине нагрузки.

In the development of mineral deposits by the underground method, the problem of ensuring the accident-free operation of mining enterprises is very important, and one of the problems is the prevention of the exposed rock massif collapse. Rock masses are in different states, which are very difficult to predict and it is not always possible to assess their actions, therefore it is necessary to conduct research on the perception of loads on the types of supports used. For this, various types of supports are used depending on the service life of mine workings, the depth of their location, the shape and size of the cross-section, the methods of cutting rocks and other factors. Rock masses are in different states, which are very difficult to predict and it is not always possible to assess their actions, therefore it is necessary to conduct research on the perception of loads on the types of supports used. The article discusses the results of studies on modeling by the method of equivalent materials of various types of supports, which perceive different loads.

Ключевые слова: МОДЕЛИРОВАНИЕ; ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ; ГОРНЫЕ ПОРОДЫ; РАМНЫЕ КРЕПИ; НАГРУЗКИ НА КРЕПЬ.

Key words: MODELING; EQUIVALENT MATERIALS; ROCKS; FRAME SUPPORTS; LOAD ON THE SUPPORT.

Разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом связана с проведением большого объёма подготовительных горных выработок в

различных горно-геологических условиях. Сооружаемые горные выработки имеют различные размеры и форму, и окружающие породы по-разному воздействуют на возводимые крепи

и породные обнажения. В сложных горно-геологических условиях применяемые типы крепей зачастую не обеспечивают надёжного поддержания горных выработок и требуют дополнительных затрат на ремонт и поддержание.

Неиспользованным резервом и прогрессивным направлением повышения эффективности горнопроходческих и эксплуатационных работ является более полный учет состава, структуры, физических свойств вмещающих пород и закономерностей их сдвижения и обрушения при геомеханическом обосновании способа проведения и охраны горных выработок, типа, несущей способности и плотности крепи, допускаемой площади обнажения и отставания постоянной крепи от забоя горной выработки. Проблема крепления и поддержания горных выработок является одной из самых важных в комплексе вопросов строительства и эксплуатации угольных предприятий. И первостепенное значение имеет установление степени влияния основных горно-геологических и горнотехнических факторов, закономерностей взаимодействия элементов применяемых горных крепей и породного массива на максимальные значения силовых и кинематических параметров для обеспечения устойчивости крепи, снижения металлоёмкости, расширения условий и области рационального применения.

Для комплексного учета основных горно-геологических и технологических факторов при оценке устойчивости породных обнажений и использовании их для обоснования и расчета применяемых крепей необходимо было проведение широкого круга исследований и начало таких исследований нами было заложено моделированием методом эквивалентных материалов.

Моделирование методом эквивалентных материалов основано на замене естественных горных пород природы такими искусственными материалами в модели, показатели физико-механических свойств которых находятся в определённых соотношениях с аналогичными показателями тех же свойств пород природы.

Эти соотношения определяются на основании общих положений теории механического подобия и обеспечивают достижение близкой аналогии в протекании геомеханических процессов, происходящих в природе и в модели под действием гравитационных сил.

При проведении лабораторных экспериментов решались следующие задачи:

- выяснение работоспособности комбинированной анкер-металлической крепи АМК в породах различной категории устойчивости и её

взаимодействие с окружающим массивом пород;

- сопоставление устойчивости выработок, закреплённых различными типами крепей в прочих равных условиях.

Для проведения экспериментов производился подбор следующих материалов и приборов:

- эквивалентного материала, характеризующего массив горных пород в натуральных условиях;
- моделей крепи;
- средств измерения нагрузок на крепь, напряжений в массиве и смещений контура выработки в модели.

Результаты лабораторных исследований показали, что наиболее подходящим эквивалентным материалом для имитации горных пород, находящихся в упругопластическом состоянии, является огнеупорная глина влажностью 23-24 %, позволяющая имитировать горные породы в натуре при линейном масштабе моделирования $L_m/L_n = 15/300 = 1/20$ со следующими механическими характеристиками:

$$R_{сж} = 30 \text{ Мпа}; C = 1,2 \text{ Мпа}; \varphi = 21; \gamma = 25 \text{ кН/м}^3.$$

Исследования работы крепей горных выработок и распределения напряжений в массиве модели без крепи осуществлялись на испытательном стенде, позволяющем создавать в массиве плоско-деформированное состояние с любым соотношением вертикальных и горизонтальных напряжений. Стенд состоит из квадратной металлической рамы, на каждой стороне которой закреплено по 6 гидродомкратов. Размеры рабочего поля между площадками домкратов – 1,0 x 1,0 м, толщина модели 0,3 м.

Модель анкера представляла собой стержень диаметром 0,001 м с рабочей длиной 0,125 м, с замком закрепления в виде пластинки с отверстием и опорной плитой с размерами 0,01 x 0,01 м. На одном конце стержня имеется плита фиксации замка закрепления, а на другом – резьба для завинчивания гайки. Такая конструкция позволяла имитировать в натуральных условиях анкера с замковым закреплением длиной 2,5 м. Силовые воздействия на анкера рассчитывались по критерию силового подобия. Максимальная нагрузка на анкер в модели составляла 1000 г, что соответствует 12 т в натуре.

Модель рамной крепи представляла собой кольцо из органического стекла толщиной 0,01 м, шириной 0,01 м, диаметром 0,3 м. Такая конструкция позволяет моделировать в натуре кольцевую рамную крепь из СВП-22 в выработках сечением в свету $S_{св} = 14 \text{ м}^2$.

Напряжения в массиве и нагрузки на рамы

и анкеры регистрировались с помощью микро-датчиков ДН и ДНА конструкции Кузниишахто-строя.

Проводились исследования пяти видов моделей: модели незакрепленной выработки; модели выработки, закрепленной анкерной крепью; модели выработки, закрепленной рамной крепью; модели выработки, закрепленной рамной крепью в сочетании с анкерной: модели выработки, закрепленной комбинированной анкер-металлической крепью.

При этом каждая модель испытывалась шестикратно с надёжностью 65 %. В каждом виде модели исследовались следующие параметры:

- напряженно-деформированное состояние массива вокруг выработки и устойчивость породного контура;
- смещение контура выработки;
- нагрузка на крепь;
- нагрузка на 1 м² закрепленной поверхности выработки.

Горное давление в натуре создавалось пригрузкой гидродомкратов. Исследования выполнялись на шести ступенях давления – 0,112; 0,168; 0,224; 0,280; 0,336; 0,392 МПа, что соответствует давлению в натуре – 2,24; 3,36; 4,48; 5,60; 6,72; 7,84 МПа. Напряжения в массиве, смещения массива и нагрузка на крепь измерялись на каждой ступени давления после его стабилизации в течение 1 часа. Моделировалась выработка круглой формы диаметром 6,0 м и площадью поперечного сечения $S_{св} = 14 \text{ м}^2$.

Результаты исследований указанных моделей выработок, закрепленных различными видами крепей, приведены ниже.

Исследование моделей незакрепленной выработки.

При давлении 2,24 МПа появились признаки разрушения контура выработки – отдельные трещины, развивающиеся с течением времени. С развитием трещин наблюдалось заметное смещение контура выработки, стабилизирующееся в течение 30 – 40 мин. При постоянном давлении величина смещения выработки не превышает 0,24 м (величины давлений, смещений и нагрузок даны в пересчете на натурные условия).

При увеличении давления до 3,36 МПа наблюдалось интенсивное развитие трещин и смещений, появление заколов. Выработка теряет устойчивость.

При давлении 4,48 МПа тангенциальное напряжение на контуре упало до нуля. Это свидетельствует о потере устойчивости выработки

и полном её разрушении. Модель выработки до и после испытаний показана на рисунке 1.

Исследование модели выработки, закрепленной анкерной крепью.

При давлении 2,24 МПа породный контур выработки оставался устойчивым. Нагрузка на 1 м² закрепленной поверхности составляла 0,062 МПа. Все анкеры находились в нормальном состоянии, средняя нагрузка на анкер достигла 45 кН. Смещения породного контура на данной ступени давления составляли 0,05 м.

При давлении 3,36 МПа появились признаки разрушения контура выработки, около 15% анкеров вышли из строя. Но в целом анкеры находились в нормальном состоянии, нагрузка на 1 м² закреплённой поверхности составляла 0,103 МПа, средняя нагрузка на анкер 75 кН, выработка оставалась устойчивой. Смещения контура составили 0,1 м.

По мере увеличения давления на модель наблюдался интенсивный рост нагрузок на анкеры. При давлении 4,48 МПа все анкеры выходят из строя. Средняя нагрузка на анкер составляла 120 кН, на 1 м² поверхности – 0,166 МПа, смещения контура – 0,3 м. После этого наблюдался бурный процесс разрушения контура, и выработка теряла устойчивость.

Максимальные напряжения в массиве на контуре выработки в кровле – 0,34 МПа, в бортах – 0,20 МПа. Модель выработки с анкерной крепью до и после испытаний показана на рисунке 2.

Исследование моделей выработки, закрепленной анкерной крепью.

При давлении на модель 2,26; 3,36 МПа породный контур выработки находился в устойчивом состоянии. Деформаций контура и крепи не наблюдалось. При давлении 3,36 МПа нагрузка на 1 м² закрепленной поверхности составила 0,056 МПа, на раму – 203 кН, смещения контура – 0,08 м.

При давлении 4,48 МПа на контуре выработки появились первые признаки разрушения – трещины, раскрывающиеся с течением времени. Смещения на данной ступени нагружения составляли 0,22 м, средняя нагрузка на 1 м² закрепленной поверхности – 0,072 МПа, на раму – 260 кН.

На следующей ступени давления – 5,6 МПа, смещения достигли – 0,33 м. Контур выработки неустойчив. Появились заколы и раскрытые трещины. Отмечены случаи деформации рам. Нагрузка на крепь составляла 292 кН, на 1 м² закрепленной поверхности – 0,081 МПа.

Модель разрушилась при давлении 6,72

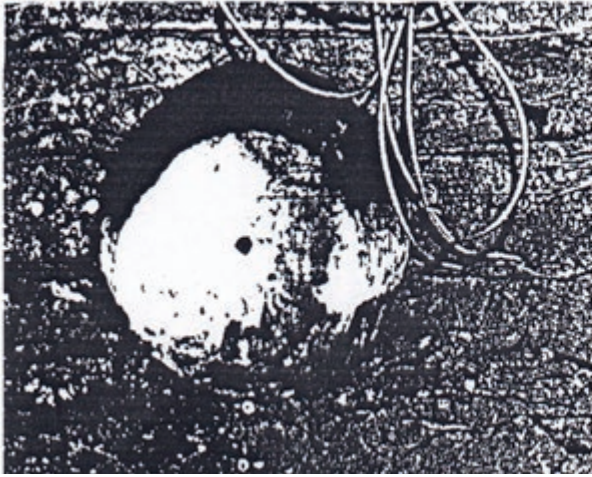


Рисунок 1. Модель незакрепленной выработки: а – до испытаний; б – после испытаний
Figure 1. Model of an unsupported working: a - before testing; b - after tests

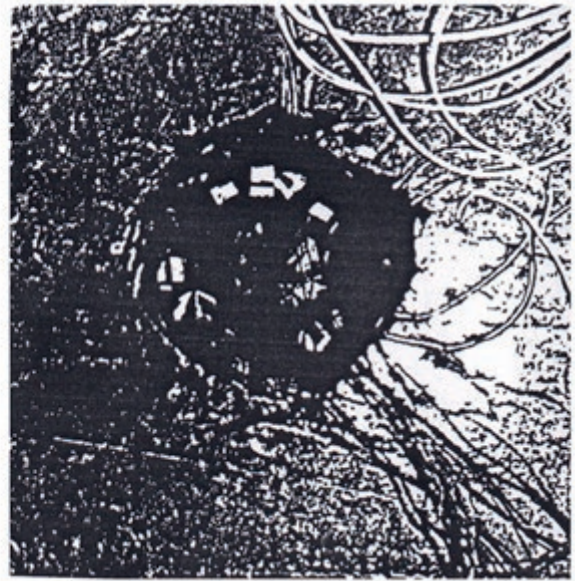
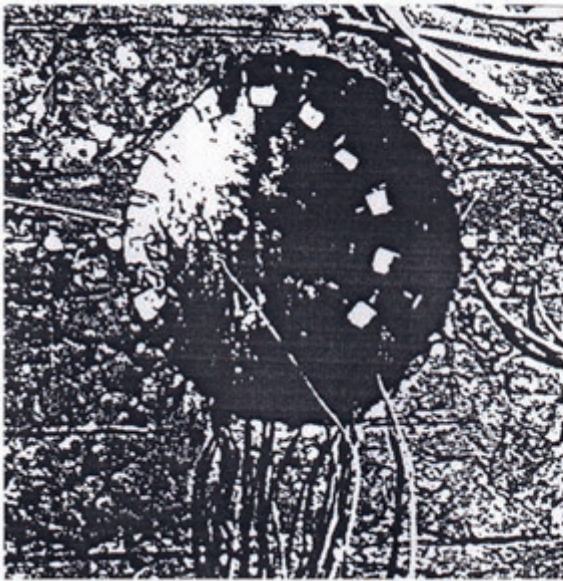


Рисунок 2. Модель выработки, закрепленной анкерной крепью: а – до испытаний; б – после испытаний
Figure 2. Model of an opening supported with anchor support: a - before testing; b - after tests

МПа. Рамы вдавлены в массив и деформированы. Смещения контура составили 0,42 м. Максимальные напряжения в массиве на контуре выработки: в кровле – 0,37 МПа, в бортах – 0,18 МПа. Модель выработки с рамной крепью до и после испытаний показана на рисунке 3.

Для моделирования выработки с рамно-анкерной крепью между кольцами крепи, установленными с шагом 0,06 м (в натуре – 1,2 м), устанавливался ряд анкеров. Количество анкеров в поперечном сечении – 10 шт.

При давлении 2,24; 3,36 и 4,48 МПа на крепь и контур выработки сохраняли устойчивость. При давлении 4,48 МПа смещение контура достигло 0,2 м, средняя нагрузка на 1 м² закрепленной поверхности 0,071 МПа, на раму – 173 кН, на анкер – 33,8 кН.

При увеличении давления до 5,6 МПа на-

блюдался интенсивный рост нагрузок на анкера. На данной ступени давления 15% анкеров вышли из строя. Рамы находились в нормальном состоянии. Средняя нагрузка на 1 м² закрепленной поверхности – 0,080 МПа, на раму – 196 кН, на анкер – 37,5 кН.

Крепь потеряла устойчивость при давлении 6,84 МПа. При этом 50% анкеров вышли из строя. Контур выработки и рамы деформированы. Средняя нагрузка на раму составила 275 кН, на 1 м² закрепленной поверхности – 0,104 МПа.

Максимальные напряжения на контуре выработки составляли в кровле – 0,39 МПа, в бортах – 0,17 МПа. Модель выработки с рамно-анкерной крепью до и после испытаний показана на рисунке 4.

Исследование моделей выработки, закрепленной комбинированной анкер-металли-

ческой крепию

Для моделирования выработки с крепью АМК между кольцами крепи, установленными с шагом 0,06 м (в натуре – 1,2 м), устанавливался ряд анкеров, и на них вдоль выработки навешивались межрамные стяжки, изготовленные из листа жести ($\delta=0,001$ м). Количество анкеров в поперечном сечении – 10 шт.

При давлении 2,24; 3,36; 4,48 МПа крепь и контур выработки оставались устойчивыми. При давлении 4,48 МПа смещения контура выработки составляли 0,19 м, нагрузка на раму – 160 кН, на анкер – 35,3 кН, на 1 м² закрепленной поверхности – 0,071 МПа.

Признаки разрушения контура появились при давлении 5,6 МПа. Разрушилось 15% анкеров, однако рамы крепи находились в нормальном состоянии. Средняя нагрузка на анкер составляла – 39,5 кН, на раму – 179 кН, смещение контура – 0,27 м.

При давлении 6,72 МПа разрушилось 30%

анкеров. На контуре выработки наблюдалось интенсивное развитие трещин и смещений (до 0,37 м). Средняя нагрузка на раму составляла 200 кН, на анкер – 41,5 кН, на 1 м² поверхности – 0,085 МПа.

Разрушение крепи наступило при давлении 7,84 МПа. Вышла из строя половина анкеров, рамы крепи деформировались. Смещение контура выработки составили 0,39 м, нагрузка на 1 м² поверхности – 0,101 МПа, на раму – 250 кН.

Максимальные напряжения в массиве на контуре выработки составляли в кровле – 0,4 МПа, в бортах – 0,17 МПа. Модель выработки с крепью АМК до и после испытаний показана на рисунке 5.

Экспериментальное измерение напряжений в массиве и нагрузок на крепь сопряжено с целым рядом сложностей как методического, так и чисто технического характера, поэтому некоторые ошибки опыта неизбежны. Однако изме-

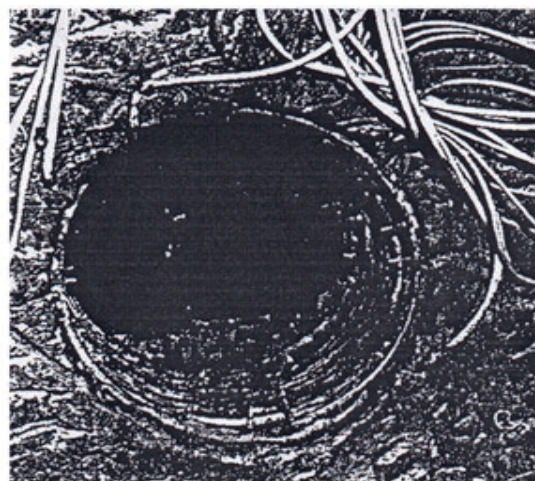
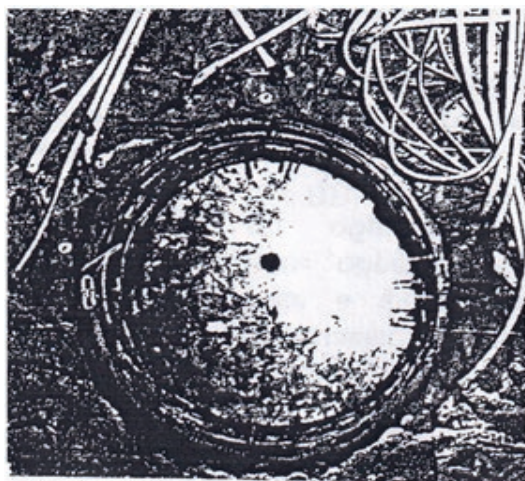


Рисунок 3. Модель выработки, закрепленной рамной крепью: а – до испытаний; б – после испытаний
Figure 3. Model of an opening supported with anchor support: a - before testing; b - after tests

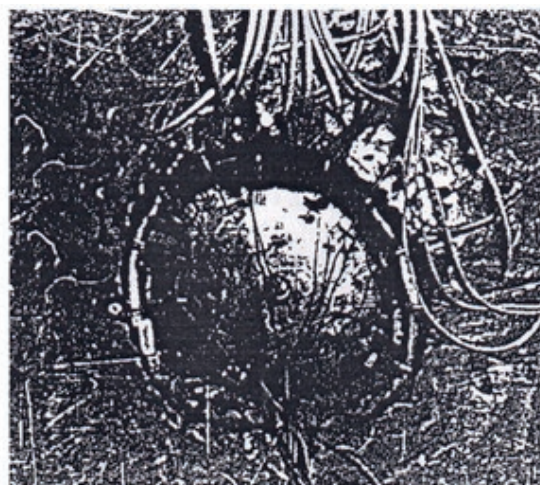
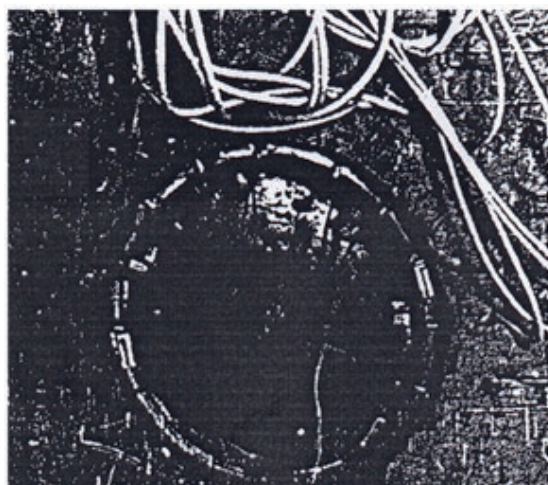


Рисунок 4. Модель выработки, закрепленной рамно-анкерной крепью: а – до испытаний; б – после испытаний
Figure 4. Model of an opening supported with frame-anchor support: a - before testing; b - after tests

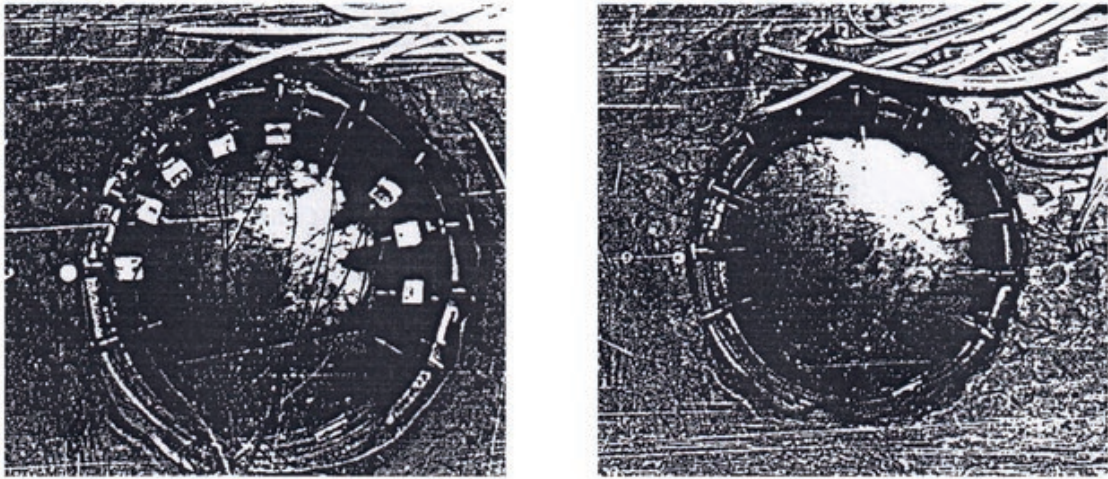


Рисунок 5. Модель выработки, закрепленной крепью АМК: а – до испытаний; б – после испытаний
Figure 5. Model of an opening, supported with AMK support: a - before testing; b - after tests

нение распределения напряжений и нагрузок на крепь до и после проведения выработки позволяет всё же вполне четко выяснить общие закономерности этих измерений, а также определить точку экстремума.

Проведение экспериментов на моделях позволило определить протекание геомеханических процессов, происходящих под действием гравитационных сил при различных нагрузках, смещение контура и состояние различных видов крепи. Это позволяет провести комплекс сравнительных исследований в натуральных условиях и получить аналитическую взаимосвязь механиче-

ского подобия процессов, происходящих в горных породах с различными физико-механическими свойствами, закрепляемыми различными видами крепей при проходке горных выработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гоголин В.А. Деформационные и прочностные характеристики хрупких горных пород при сжатии / Вестник Кузбасского государственного технического университета. Научно-технический журнал № 3, 2016. – С.3-8.
2. Линьков А.М. учет запредельных деформаций в плоской задаче о круглой выработке. ФТПРПИ, №5, 1977. – С.16-22.
3. Тронда Т.В. Изменение физико-механических характеристик слабого водонасыщенного суглинка при устройстве вертикальных армодренирующих элементов / проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений. Труды V Международной конференции: - Екатеринбург, 2016. – С. 127-131.
4. Абрамов Н.Н. Комплексный эксплуатационный геомониторинг состояния подземных сооружений с облегченной крепью. / Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений. Труды V Международной конференции: - Екатеринбург, 2016. – С. 150-153.
5. Кострыкин А.П. Обзор применяемых методов контроля эффективности анкерного крепления методов контроля эффективности анкерного крепления / А.П. Кострыкин, К.В. Шайдулин, Е.М. Ушаков, П.Е. Мерзляков // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, № 2, 2010. – С. 2007-2011.
6. Прочность и деформируемость горных пород / Ю.М. Картозия, Б.В. Матвеев, Г.В. Михеев, А.Б. Фадеев. – М.: Недра, 1979.

REFERENCES

1. Gogolin, V.A. (2016). Deformatsionnyye i prochnostnyye kharakteristiki khрупkikh gornyykh porod pri szhatii [Deformation and strength characteristics of brittle rocks under compression]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Herald of Kuzbass State Technical University, 3, 3-8 [in Russian].
2. Linkov, A.M. (1977). Uchet zapredel'nykh deformatsiy v ploskoy zadache o krugloy vyrabotke [Accounting for extreme deformations in the plane problem of a circular working]. FTPRPI, 5, 16-22 [in Russian]
3. Tronda, T.V. (2016). Izmeneniye fiziko-mekhanicheskikh kharakteristik slabogo vodonasyshchennogo suglinka pri ustroystve vertikal'nykh armodreniruyushchikh elementov [Changes in the physical and mechanical characteristics of weak water-saturated loam when installing vertical reinforcing elements]. Proceedings from: Design, construction and operation of complexes of underground structures. V Mezhdunarodnaia konferentsia – 5th International Conference, pp. 127-131. Yekaterinburg [in Russian].
4. Abramov, N.N. (2016). Kompleksnyy ekspluatatsionnyy geomonitoring sostoyaniya podzemnykh sooruzheniy s oblegchennoy krep'yu [Integrated operational geomonitring of underground structures with lightweight support state].

Proceedings from: Design, construction and operation of complexes of underground structures. V Mezhdunarodnaia konferentsia – 5th International Conference, pp. 150-153. Yekaterinburg [in Russian].

5. Kostrykin, A.P., Shaidulin, K.V., Ushakov, Ye.M., & Merzliakov, P.Ye. (2010). Obzor primenyayemykh metodov kontrolya effektivnosti ankernogo krepleniya [Review of the anchor support in use effectiveness monitoring methods]. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 2, 2007-2011 [in Russian].
6. Kartoziya, Yu.M., Matveev, B.V., Mikheev, G.V., & Fadeev, A.B. (1979). Prochnost' i deformiruyemost' gornyx porod [Strength and deformability of rocks]. Moscow: Nedra [in Russian].

ООО "ГОРНЫЙ-ЦОТ"

серийно производит приборы контроля параметров безопасности атмосферы для промпредприятий и экологического мониторинга, которые успешно эксплуатируются на предприятиях РФ и зарубежом. Сегодня благодаря их успешному применению компания стала надежным звеном в решении проблем промышленной и экологической безопасности как в России, так и за ее пределами.

ВЫПУСКАЕМЫЕ ПРИБОРЫ



Прибор контроля запыленности воздуха ПКА-01



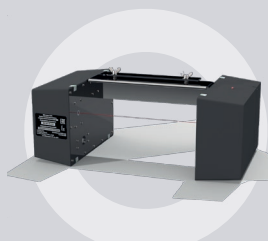
Прибор контроля пылевзрывобезопасности горных выработок ПКП



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



Измеритель запыленности стационарный ИЗСТ-01



Система контроля запыленности, интенсивности пылеотложений и дисперсного анализа СКИП-01 с использованием нейросети



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-наме;
- ▶ организация проведения ремонта вышеуказанных серийно выпускаемых приборов и их испытаний с целью поверки.

Горный-ЦОТ является резидентом Кузбасского Технопарка.

II. ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ II. FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY



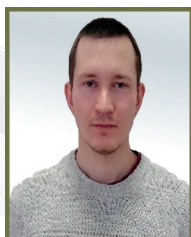
А.И. Фомин // A.I. Fomin
ncvostnii@yandex.ru

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 VostNI», 3, Institutskaya Str., Kemerovo, 650002, Russia



**Д.А. Бесперстов//
D.A. Besperstov**
gpnbesperstov@yandex.ru

кандидат техн. наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВПО «КемГУ», г. Кемерово, Россия, 650056 г. Кемерово, Бульвар Строителей, д. 47.
candidate of technical sciences, associate professor of "Life Safety" chair, FGBOU VPO "KemGU", Kemerovo. Russia, 650056 Kemerovo, Stroiteley Boulevard, d. 47.



А.А. Моисеев // A.A. Moiseev
aleksandar.moiseev@yandex.ru

аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «КемГУ», г. Кемерово, Россия, 650056 г. Кемерово, Бульвар Строителей, д. 47.
post-graduate student of Life Safety Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "KemGU", Kemerovo. Russia, 650056 Kemerovo, Stroiteley Boulevard, 47.



**Н.Н. Турова//
N.N. Turova**
natalya_turova@inbox.ru

кандидат техн. наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «КемГУ», г. Кемерово, Россия, 650056 г. Кемерово, Бульвар Строителей, д. 47.
candidate of technical sciences, associate professor of the Life Safety Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "KemGU", Kemerovo. Russia, 650056 Kemerovo, Stroiteley Boulevard, 47.

УДК 622.2;614.84;331.45;371.315

ПРОФИЛАКТИКА НАРУШЕНИЙ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КУЗБАССА MANDATORY REQUIREMENTS' VIOLATION PREVENTION IN THE FIELD OF FIRE SAFETY AT THE COAL ENTERPRISES OF KUZBASS

В статье проанализирована программа профилактики нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности при осуществлении федерального государственного пожарного надзора на 2021 год. Выявлены её отрицательные моменты. Рассмотрен опыт обеспечения требований пожарной безопасности в зарубежных странах и подход к профилактике их нарушений. Предложена региональная программа профилактики нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий Кемеровской области – Кузбасса. Разъяснены приоритеты проведения проверок нарушений обязательных требований пожарной безопасности для угольной промышленности Кузбасса. Предложены основные способы повышения пожарной безопасности с использованием современных телекоммуникационных средств.

The article analyzes the program for the mandatory requirements' violation prevention in the field of fire safety in the implementation of the federal state fire supervision for 2021. Its negative aspects are revealed. The experience of ensuring fire safety requirements in foreign countries and the approach to the prevention of their violations are considered. A regional program for the mandatory requirements' violation prevention in the field of coal mining and coal processing enterprises' fire safety of the Kemerovo region - Kuzbass is proposed. The priorities for conducting inspections of mandatory fire safety requirements' violation for the coal industry of Kuzbass have been clarified. The main methods of increasing fire safety using modern telecommunication means are proposed.

Ключевые слова: ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ПРОФИЛАКТИКА НАРУШЕНИЙ, ПРОГРАММА ПРОФИЛАКТИКИ, БЕЗОПАСНОСТЬ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ПОЖАРНЫЙ НАДЗОР,

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИЩЕННОСТЬ, ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ.

KEY WORDS: FIRE SAFETY, PREVENTION OF VIOLATIONS, PREVENTIVE PROGRAM, SAFETY OF COAL ENTERPRISES, FIRE SUPERVISION, FIRE PROTECTION, PREVENTIVE MEASURES.

На территории Кемеровской области – Кузбасса – расположено более 60% предприятий Российской Федерации, задействованных в добыче и переработке угля необходимого для нужд страны и поставки его на международный рынок. В связи с этим экономика страны во многом зависит от бесперебойной работы предприятий угольной отрасли. Также значительная роль отведена угольным объектам в отдельных регионах и городах Российской Федерации, где они являются градообразующими предприятиями и имеют основное влияние на региональную и муниципальную экономику [1].

Выполнение требований пожарной безопасности на угольном предприятии является необходимым условием для эффективной его работы, так как нарушения могут привести не только к административным санкциям и остановке технологической линии до устранения нарушений, но и гибели людей при возникновении пожара и других аварий [2, 3, 4].

На производственных предприятиях угольной промышленности в последние годы идёт снижение количества возникновения пожаров с гибелью людей. В то же время зачастую при проведении проверок по соблюдению требований пожарной безопасности имеют место нарушения, которые могут впоследствии привести к гибели людей, что сказывается отрицательно на состоянии пожарной безопасности всего объекта угольной промышленности [5].

Согласно действующему законодательству негативным моментом является невозможность остановки производства из-за имеющихся нарушений требований пожарной безопасности, которые влияют на жизнь и здоровье людей без наличия повторных нарушений, либо предписаний надзорных органов и представлений прокуратуры [6].

Для выполнения требований норм пожарной безопасности проводится комплекс профилактических и надзорных мероприятий федеральным государственным пожарным надзором МЧС России (далее – ФГПН МЧС России) [7], направленных на снижение риска возникновения пожаров на угольных предприятиях. Также для обеспечения пожарной безопасности на объекте назначается ответственное лицо, в обязанности которого входит:

- разработка и осуществление мер по обеспечению пожарной безопасности;

- содержание в исправности систем и средств противопожарной защиты;
- разработка и осуществление мер по обеспечению пожарной безопасности;
- проведение инструктажей и обучения в области пожарной безопасности;
- оказание содействия пожарной охране в тушении пожара и доступа на территорию.

В целях выявления нарушений обязательных требований пожарной безопасности контролирующие органы могут применять способы без взаимодействия с контролируемым лицом (наблюдение за соблюдением обязательных требований и выездное обследование без уведомления лица, в отношении которого производится проверка) и с взаимодействием с лицом, в отношении которого производятся надзорные мероприятия (контрольная закупка, мониторинговая закупка, выборочный контроль, инспекционный визит, рейдовый осмотр, документарная проверка, выездная проверка) [8].

При проведении профилактических мероприятий государственным пожарным надзором МЧС России может осуществляться непосредственное взаимодействие между надзорным органом и лицом только в случае собственной инициативы контролируемых лиц либо в порядке, установленном действующим законодательством.

Для обеспечения наиболее актуальной информацией в области пожарной безопасности в сети Интернет размещаются нормативно-правовые акты и сведения об их изменениях, проверочные листы, перечень объектов контроля с указанием категории риска, программы профилактики рисков причинения вреда и планы надзорных мероприятий.

С целью обобщения наиболее часто встречаемых нарушений производится анализ причин возникновения пожара, подготавливаются предложения по совершенствованию имеющегося законодательства, разрабатываются методические рекомендации по применению имеющейся нормативно-правовой документации.

Кроме того, выносятся предостережения и предлагается принятие мер по недопущению нарушения требований пожарной безопасности, ведущих к увеличению риска гибели людей и материального ущерба.

Для добровольного определения соответствия угольного предприятия обязательным требованиям пожарной безопасности объекты могут

проходить самообследование, что позволяет ФГПН МЧС России определять имеющиеся критерии риска.

В ходе профилактического визита, который может быть проведён и по видеоконференции, сотрудники ФГПН МЧС России могут оказывать консультацию по недопущению нарушений обязательных требований пожарной безопасности, давать разъяснения по действующим нормативно-правовым актам и способам снижения риска возникновения пожара.

В настоящее время в Российской Федерации на 2021 год действует федеральная программа профилактики нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности при осуществлении пожарного надзора (далее - Программа) [9]. Согласно Программе финансирование осуществляется из федерального бюджета и проводится органами, наделёнными полномочиями на осуществление мероприятий по профилактике нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности, а именно: департаментом надзорной деятельности МЧС России, а также всеми подразделениями, в обязанности которых входят вопросы организации и осуществление федерального государственного пожарного надзора (территориальные подразделения федеральной противопожарной службы, главные управления МЧС России).

В ходе рассмотрения Программы были выявлены следующие недостатки:

Происходит снижение количества выявленных нарушений требований пожарной безопасности при внеплановых и плановых проверках, как следствие снижается количество выданных предписаний об устранении нарушений требований пожарной безопасности. С од-

ной стороны, это может выглядеть положительно по статистическим данным, но если разобраться в приведённых значениях, то на тот же процент были сокращены проверки, что является недопустимым показателем (таблица 1). Показателем защищённости объектов может выступать сохранение или увеличение количества проверок с одновременным снижением выявленных нарушений.

При рассмотрении статистики по количеству пожаров в зданиях и сооружениях определен факт отнесения жилых зданий (многоквартирные и многоквартирные жилые дома, в том числе и блокированные) к категории низкого риска, в сравнении с количеством пожаров в зданиях дошкольных учреждений, спальных корпусов образовательных организаций и других объектов класса Ф1.1 функциональной пожарной опасности, относящихся к высокому риску, где фактический риск гибели и травмирования на пожарах ниже (таблица 2). Данное свидетельствует о сильном различии фактического риска гибели людей и отнесении к группе риска, объекта по своему функциональному назначению.

Если сравнивать статистику европейских и западных стран по частоте гибели людей на пожарах с данными Российской Федерации, то можно заметить, насколько серьёзно отличается число погибших при пожарах [10]. По сравнению с развитыми странами мира на территории России погибает в среднем в 7 раз больше людей (таблица 3).

Разбираясь в имеющихся данных, можно заметить сравнительно высокие различия в расходах на содержание пожарной охраны государством. В развитых странах содержание пожарной охраны вдвое больше, чем материальные потери от пожаров.

Таблица 1. Количество проведённых плановых и внеплановых проверок, выявленных и устранённых требований пожарной безопасности

Table 1. The number of scheduled and unscheduled inspections, identified and eliminated fire safety requirements

Наименование показателя	2019 г. (9 мес.)	2020 г. (9 мес.)	Прирост, %
Запланировано проведение плановых проверок, ед.	85 242	42 031	-50,7
Проведено плановых проверок, ед.	82 009	31 805	-61,2
Проведено внеплановых проверок, ед.	92 153	38 126	-58,6
Устранено нарушений требований пожарной безопасности, выявленных при проведении плановых и внеплановых проверок, ед.	613 654	252 378	-58,9
Выдано предписаний (бланков) об устранении нарушений требований пожарной безопасности по результатам проведения плановых проверок, ед.	48 482	17 025	-64,9
Вручено предписаний (бланков) по результатам проведения внеплановых выездных проверок, ед.	35 821	18 707	-47,8

Также функции пожарной охраны и надзорных органов России отличаются от их зарубежных коллег, в частности функции государственного пожарного надзора выполняют организации, связанные со строительным надзором, а пожарная охрана чаще всего консультирует производства по повышению пожарной безопасности объекта защиты с целью снижения рисков материального ущерба и гибели людей [11, 12, 13].

За рубежом финансирование пожарной охраны и надзорных органов происходит не за счет федерального бюджета, а за счет бюджета местных органов власти, что перекладывает ответственность на региональные власти, которые могут лучше разбираться в особенностях своего региона.

Большая часть пожаров происходит из-за неправильной эксплуатации электрооборудования, неосторожного обращения с огнём, неисправности электрооборудования, нарушения правил производства, в том числе при проведении огневых работ. Всё это связано с незнанием элементарных правил пожарной безопасности и неспособности спрогнозировать риски возникновения возгорания.

Для повышения уровня грамотности работников различных производственных предприятий проводятся курсы по применению первичных средств пожаротушения, действиям в случае возникновения пожара, оказанию первой помощи и т.п.

Всю административную и уголовную ответственность несут владельцы предприятий, они же отвечают за соблюдение всех требований пожарной безопасности исходя из той отрасли, в которой они задействованы [14].

В развитых странах значительное внимание уделяется совершенствованию законода-

тельных актов, регулирующих требования пожарной безопасности, и их соблюдению в ходе проектирования, строительства и эксплуатации объектов, что свидетельствует о высокой заинтересованности государства в сохранении человеческой жизни.

С учетом вышеизложенного для Кемеровской области – Кузбасса – необходимо разработать свою региональную программу профилактики нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности для угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий. Необходимость данной программы обусловлена потребностями региональной экономики.

Для планирования мероприятий по профилактике нарушений обязательных требований пожарной безопасности органами ФГПН МЧС России требуется учитывать особенности предприятий, в которых задействована наибольшая часть населения субъекта Российской Федерации и предприятий, которые относятся к опасным производственным объектам.

Основным источником финансирования необходимо задействовать федеральный или региональный бюджет, но для наиболее оптимального финансирования должно происходить перераспределение федеральных денег с учетом особенностей предприятий Кузбасса, либо для отраслей, которые имеют критическую значимость, требуется дополнительное финансирование из регионального бюджета.

По возможности организовать семинары и тематические конференции с возможностью их проведения в дистанционном формате по наиболее распространённым нарушениям требований пожарной безопасности и возможных последствиях в случае их допущения.

Доведения надзорными органами до контролируемых лиц наиболее часто встречаемых

Таблица 2. Сведения о пожарах и их последствиях по классам функциональной пожарной опасности объектов пожаров
Table 2. Information about fires and their consequences by classes of functional fire hazard of fire objects

Класс функциональной пожарной опасности зданий	Кол-во пожаров, ед.	Погибло людей, чел.	Травмировано людей, чел.	Прямой ущерб, руб.
Ф1.4 – Одноквартирные жилые дома, в том числе блокированные	34 948	3037	1735	1 988 881 200
Ф1.3 – Многоквартирные жилые дома	26 727	1954	2483	512 077 750
Ф1.1 – здания дошкольных образовательных организаций, специальных домов престарелых и интернатов (неквартирные), больниц, спальных корпусов образовательных организаций с наличием интернатов	222	22	19	14 396 768

Таблица 3. Статистика погибших и травмированных людей в различных странах за 2018 год
 Table 3. Statistics of deaths and injuries in various countries for 2018

Страна	Население тыс, чел.	Количество погибших на 100 000 чел.	Количество травмированных на 100 000 чел.
Россия	146 781	5,4	6,6
США	327 167	1,1	0,4
Беларусь	9 778	5,5	3,3
Франция	66 628	0,4	1,9
Швеция	10 230	1,0	3,8
Великобритания	64 553	0,6	13,9
Греция	10 788	1,2	1,7

нарушений обязательных требований пожарной безопасности, в связи с неполным, неправильным применением нормативно-правовой и нормативно-технической документации, а также обсуждение проблемных вопросов при проведении надзорных мероприятий.

На основании региональной программы профилактики нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности для угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий следует производить планирование проверок на основе риск-ориентированного подхода [15, 16]. При данном подходе, возможно, выявить и спланировать проверки в отношении контролируемых лиц, где действительно в настоящий момент может создаваться опасность для человеческой жизни в случае возникновения пожара.

Предприятия угольной отрасли относятся к объектам повышенной опасности, в связи с этим проверки их состояния в области пожарной безопасности должны проводиться чаще нормативных значений, в особенности если в ходе последних плановых и внеплановых проверок были выданы предписания о необходимости устранения нарушений требований пожарной безопасности [17].

О проверках состояния защищенности объектов угольной промышленности следует информировать Ростехнадзор, так как проводимые надзорные мероприятия могут иметь прямое или косвенное влияние на мероприятия, проводимые ФГПН МЧС России. Также стоит учитывать тот факт, что при наличии значительного количества подконтрольных объектов, физиче-

ски невозможно обеспечить надзорную деятельность в отношении всех зданий и сооружений предприятий угольной отрасли из-за удалённости контролируемых объектов и длительности проведения надзорных мероприятий.

Следует разработать план мероприятий на случай неблагоприятной эпидемиологической обстановки, позволяющий в полной мере выполнять мероприятия по профилактике нарушения требований пожарной безопасности с помощью применения современных технических средств, сети Интернет (средств удалённого контроля и доступа к документации, хранимой в электронном формате).

Для повышения состояния защищенности объектов угледобывающей и углеперерабатывающей промышленности Кузбасса следует проводить проверки с учетом актуальных нарушений требований пожарной безопасности, которые наиболее часто встречались на предприятиях угольной отрасли. Следует активно использовать всевозможные средства дистанционного контроля, фото- и видеоматериалы, позволяющие оценить наличие нарушений в короткие сроки без необходимости проведения выездных проверок и отрыва объектов от основной их деятельности.

Стоит организовать на едином портале МЧС России отраслевые разделы с удобным доступом к нормативно-правовым актам и нормативно-технической документации, регламентирующей требования пожарной безопасности, для руководителей и лиц, ответственных за состояния пожарной безопасности объектов угольной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1582-р от 13 июня 2020 г., г. Москва.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : Федеральный закон Рос. Федерации от 21.07.1997 № 116-ФЗ.

3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями и дополнениями) федеральный закон Рос. Федерации № 123 от 22.07.2008. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/.
4. Фомин А.И., Бесперстов Д.А., Сайбель С.Ю. Выполнение комплекса противопожарных мероприятий на объектах – важнейший элемент снижения риска гибели людей при пожарах // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири СИБРЕСУРС 2016: Материалы XVI Международной научно-практической конференции (Кемерово, 23-24 ноября 2016 г.). – Кемерово: КузГТУ, 2016. – С. 160-165.
5. Статистика пожаров за 2019 год. Статистический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2019 году. Под общей редакцией Гордиенко Д.М. -М.: ВНИИПО, 2020.
6. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях. Федеральный закон Рос. Федерации от 30.12.2001 №195-ФЗ (ред. от 22.12.2020).
7. Бесперстов Д.А. Государственный пожарный надзор. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2017. – 143 с.
8. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле Российской Федерации. Федеральный закон Рос. Федерации от 31.07.2020 № 248-ФЗ URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/
9. Об утверждении Программы профилактики нарушений обязательных требований при осуществлении федерального государственного пожарного надзора на 2021 год. Распоряжение МЧС России от 14.12.2020 № 948.
10. N.N. Brushlinsky, M. Ahrens, S.V. Sokolov, P. Wagner. World Fire Statistics. Report No. 23. Berlin, Center of Fire Statistics of CTIF, 2018. 63 p. URL: https://ctif.org/sites/default/files/2018-06_CTIF_Report23_World_Fire_Statistics_2018_vs_2_0.pdf (Accessed 03 January 2021).
11. NFPA 5000. Building construction and safety code. Quincy, MA, National Fire Protection Association, 2015.
12. BS 8549: 2018. Codes of Practice and British Standards. URL: <https://trinityfireandsecurity.com/resources/british-standards-and-regulations>.
13. BS 8539. Codes of Practice and British Standards. URL: <https://trinityfireandsecurity.com/resources/british-standards-and-regulations>.
14. Российская федерация. Законы. Уголовный кодекс Российской Федерации: федеральный закон № 63 от 13.06.1996 [Принят Государственной Думой 24 мая 1996 года, Одобрен Советом Федерации 5 июня 1996 года]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/.
15. Фомин А.И. Оценка уровня пожарной безопасности на угольных предприятиях с учетом риск-ориентированного подхода / А.И. Фомин, Д.А. Бесперстов, В.Б. Попов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, Кемерово.: - 1-2016. - С. 62-66.
16. Фомин А.И. Пожарные риски и их влияние на риск-ориентированный подход при организации и осуществлении федерального государственного пожарного надзора / А.И. Фомин, Д.А. Бесперстов, С.Ю. Сайбель // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, Кемерово.: - 3-2017. - С. 36-44.
17. Об утверждении Требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения: Приказ МЧС России от 28.02.2003 № 106 (ред. От 12.04.2003). Режим доступа: <http://bse.garant.ru/12172032/>.

REFERENCES

1. Programma razvitiya ugol'noy promyshlennosti Rossii na period do 2035 goda : Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii № 1582-r от 13 iyunya 2020 g., g. Moskva. [The program for the development of the coal industry in Russia for the period up to 2035: Order of the Government of the Russian Federation No. 1582-r dated June 13, 2020, Moscow] [in Russian].
2. O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"yektov : Federal'nyy zakon Ros. Federatsii от 21.07.1997 № 116-FZ [On industrial safety of hazardous production facilities: Federal Law of the Russian Federation of 07.21.1997 No. 116-FZ] [in Russian].
3. Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharney bezopasnosti (s izmeneniyami i dopolneniyami) : federal'nyy zakon Ros. Federatsii № 123 от 22.07.2008. [Technical regulations on fire safety requirements (with amendments and additions): federal law of the Russian Federation No. 123 of 22.07.2008]. Retrieved from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ [in Russian]
4. Fomin, A.I., Besperstov, D.A., & Saibel, S. Yu. (2016). Vypolneniye kompleksa protivopozharnykh meropriyatiy na ob"yektakh – vazhneyshiy element snizheniya riska gibeli lyudey pri pozharakh [Implementation of a set of fire-fighting measures at facilities is the most important element in reducing the risk of death in fires]. Proceedings from Natural and intellectual resources of Siberia SIBRESURS 2016: XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (Kemerovo, 23-24 noyabrya 2016 g. - XVI International Scientific and Practical Conference (pp. 160-165). Kemerovo: KuzGTU [in Russian].
5. Statistika pozharov za 2019 god [Fire statistics for 2019]. Statistical Book: Fires and Fire Safety in 2019. Under the general editorship of D.M. Gordienko (2020). Moscow: VNIPO [in Russian].
6. Kodeks Rossiyskoy Federatsii ob administrativnykh pravonarusheniyakh. Federal'nyy zakon Ros. Federatsii от 30.12.2001 №195-FZ (red. от 22.12.2020). [Code of the Russian Federation on Administrative Offenses. Federal law Russian Federation of 12/30/2001 No. 195-FZ (as revised on 12/22/2020)]. [in Russian].
7. Besperstov, D.A. (2017). Gosudarstvennyy pozharney nadzor [State fire control]. Kemerovo: Kemerovsky tekhnologicheskiy institut pishchevoi promyshlennosti [in Russian].
8. O gosudarstvennom kontrole (nadzore) i munitsipal'nom kontrole Rossiyskoy Federatsii. Federal'nyy zakon Ros. Federatsii от 31.07.2020 № 248-FZ [On state control (supervision) and municipal control of the Russian Federation. Federal law Russian Federation of July 31, 2020 No. 248-FZ. Retrieved from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ [in Russian].
9. Ob utverzhenii Programmy profilaktiki narusheniy obyazatel'nykh trebovaniy pri osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo pozharного nadzora na 2021 god. Rasporyazheniye MCHS Rossii от 14.12.2020 № 948 [On approval of the Program for the prevention of violations of mandatory requirements in the implementation of federal state fire supervision for 2021. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 12/14/2020 No. 948 [in Russian].

10. N.N. Brushlinsky, M. Ahrens, S.V. Sokolov, P. Wagner. (2018). World Fire Statistics. Report No. 23. Berlin, Center of Fire Statistics of CTIF, 2018. 63 p. Retrieved from: https://ctif.org/sites/default/files/2018-06, CTIF_Report23_World_Fire_Statistics_2018_vs_2_0.pdf (Accessed 03 January 2021).
11. NFPA 5000. Building construction and safety code. Quincy, MA, National Fire Protection Association, 2015.
12. BS 8549: 2018. Codes of Practice and British Standards. Retrieved from: <https://trinityfireandsecurity.com/resources/british-standards-and-regulations> [in English].
13. BS 8539. Codes of Practice and British Standards. Retrieved from: <https://trinityfireandsecurity.com/resources/british-standards-and-regulations> [in English].
14. Rossiyskaya federatsiya. Zakony. Ugolovnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii: federal'nyy zakon № 63 ot 13.06.1996 [Prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 24 maya 1996 goda, Odobren Sovetom Federatsii 5 iyunya 1996 goda] [The Russian Federation. Laws. The Criminal Code of the Russian Federation: Federal Law No. 63 of 13.06.1996 [Adopted by the State Duma on May 24, 1996, Approved by the Federation Council on June 5, 1996]. Retrieved from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ [in Russian].
15. Fomin, A.I., Besperstov, D.A., & Popov, V.B. (2016). Otsenka urovnya pozharnoy bezopasnosti na ugol'nykh predpriyatiyakh s uchetom risk-oriyentirovannogo podkhoda [Assessment of the fire safety level at coal enterprises, taking into account the risk-based approach]. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 1, 62-66 [in Russian].
16. Fomin, A.I., Besperstov, D.A., & Saibel, S.Yu. (2017). Pozharnyye riski i ikh vliyaniye na risk-oriyentirovanny podkhod pri organizatsii i osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo pozharnogo nadzora [Fire risks and their impact on a risk-based approach in the organization and implementation of federal state fire supervision]. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 3, 36-44 [in Russian].
17. Ob utverzhdenii Trebovaniy po preduprezhdeniyu chrezvychaynykh situatsiy na potentsial'no opasnykh ob"yektakh i ob"yektakh zhizneobespecheniya: Prikaz MCHS Rossii ot 28.02.2003 № 106 (red. Ot 12.04.2003) [On approval of the Requirements for the prevention of emergencies at potentially hazardous facilities and life support facilities: Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated February 28, 2003 No. 106 (revised on April 12, 2003)]. Retrieved from: <http://bse.garant.ru/12172032/> [in Russian].

СИСТЕМЫ ПНЕВМОГИДРООРОШЕНИЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ

Система пылеподавления разработана ГК «ВостЭКО и Горный-ЦОТ»

создаёт водовоздушный туман до 3,5 мкм, который поглощает угольную, породную, рудную и др 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 %

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



ООО "Горный-ЦОТ"
indsafe.ru





Е.Д. Михайленко // Ye.D. Mikhailenko
katya_ku4@mail.ru

соискатель АО "НЦ ВостНИИ", Россия, 650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
Applicant of JSC «ScC VostNII», 3, Institutskaya Str., Kemerovo, 650002, Russia



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

УДК 622.2:331.45; 331.45-05

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО КРИТЕРИЮ ВЛИЯНИЯ НА ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР

PERSONNEL MANAGEMENT OF A COAL MINING ENTERPRISE ACCORDING TO THE HUMAN FACTOR INFLUENCE CRITERION

В данной статье авторами рассматривается система управления персоналом с учетом влияния на эффективность системы управления охраной труда и снижения уровня производственного травматизма. В работе представлены мероприятия по управлению персоналом, подробно прописаны этапы этой работы с целью снижения профессиональных рисков. Раскрыты основные функции системы управления персоналом, такие как: планирование персонала, то есть определение качественной потребности в кадрах; подбор и отбор персонала; его адаптация к производственным условиям с учетом специфики горного производства; качественное обучение и развитие; мотивация; ротация и высвобождение персонала. Практика показывает что эффективно организованная система управления персоналом может существенно влиять на все параметры человеческого фактора, обеспечивая при этом снижение уровня травматизма, текучести персонала, повышение уровня вовлеченности, улучшения культуры безопасности Уже начиная с этапа адаптации и далее, в процессе реализации функций, совершенствуются навыки выполнения трудовых операций, знания и умения безопасно действовать в критических и нестандартных ситуациях, ликвидировать отклонения технологических процессов от заданных параметров, расширяются зоны ответственности, более эффективно используются полномочия в решении вопросов безопасности и снижения уровня производственного травматизма, повышается уровень компетенций работника. На основе проведенных исследований установлено что, используя критерий риска несчастных случаев в качестве важного критерия оценки эффективности системы управления персоналом, можно существенно повлиять на эффективность системы управления охраной труда, повысить культуру безопасности угледобывающего предприятия, снизить риски травм и аварий, текучесть кадров, улучшить социальную стабильность в коллективе.

In this article, the authors consider the personnel management system, taking into account the impact on the effectiveness of the occupational health and safety management system and reducing the level of occupational injuries. The paper presents measures for personnel management, details the stages of this work in order to reduce professional risks. The main functions of the personnel management system are disclosed, such as: personnel planning, that is, determining the quality need for personnel; selection of personnel; its adaptation to production conditions, taking into account the specifics of mining production; quality training and development; motivation; staff rotation and release. Practice shows that an effectively organized personnel management system can significantly affect all the parameters of the human factor, while reducing the level of injuries, staff turnover, increasing the level of involvement, improving the safety culture. From the stage of adaptation and further, in the process of implementing functions, improving the skills of performing labor operations, knowledge and skills to safely act in critical and non-standard situations, eliminate deviations of technological processes from the specified parameters, expanding the areas of responsibility, the authorities are used more effectively in solving safety issues and reducing the level of industrial injuries, and the level of employee competencies is increased. Based on the conducted research, it is established that by using the accident risk criterion as an important criterion for evaluating the personnel management system effectiveness, it is possible to significantly affect the efficiency of the labor protection management system, improve the safety culture of a coal mining enterprise, reduce the risks of injuries and accidents, staff turnover, and improve social stability in the team.

Ключевые слова: ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР, РИСКИ, СИСТЕМА ОХРАНЫ ТРУДА, ТРАВМАТИЗМ, БЕЗОПАСНОСТЬ, НЕСЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ.

Key words: HUMAN FACTOR, RISKS, LABOR PROTECTION SYSTEM, INJURIES, SAFETY, ACCIDENT.

Характеристики, возникающие при взаимодействии в процессе трудовой деятельности: между людьми, между человеком и техническими системами, окружающей средой, рабочим процессом часто называют «человеческий фактор». Фактор – это движущая сила, причина какого-либо процесса, явления, определяющая его характер или отдельные его черты (лат. factor – «делающий», «производящий»). Таким образом, человеческий фактор проявляется в деятельности, в поведении. Эксперты отмечают очень существенный вклад (до 80%) человеческого фактора в аварийные ситуации на опасных производственных объектах. Эти ситуации обусловлены ошибками, допущенными персоналом при управлении операциями, процессами, трудовыми ресурсами.

Существует множество определений понятия «человеческий фактор», основные из которых представлены ниже (таблица 1).

Решение задачи снижения уровня производственного травматизма может быть достигнуто с помощью качественной реализации функций на каждом уровне – от директора до рабочего. Для этого субъекту труда необходимо обладать определенным уровнем квалификации, как совокупностью знаний, умений и навыков. Квалификация, являясь важной социально-экономической характеристикой работника, во-первых, не отражает изменений, происходящих в современном динамично развивающемся производстве, так как ее ядро – профессиональные знания и умения – имеет свойство быстро устаревать, во-вторых, имея определенный уровень квалификации, даже самый высокий, работник не всегда проявляет его при выполнении своих

трудовых функций. Для условий опасного производства это имеет особое значение, поскольку напрямую связано с травматизмом на рабочем месте [1].

Эффективная реализация функций по обеспечению безопасного производства предполагает не только наличие у каждого работника определенного уровня профессиональных знаний, умений, навыков, определенной профессиональной квалификации, но и способность своевременно и адекватно их применять, проявляя таким образом определенный уровень компетенций в области охраны труда. Другими составляющими человеческого фактора являются ответственность и полномочия. Необходимо определить, за что конкретно несет ответственность работник при реализации своих функций на своем рабочем месте, какими правами и полномочиями по использованию ресурсов он наделен. В качестве ресурсов могут использоваться следующие:

- административные ресурсы – участие в постановке целей, контроль их достижения, мотивация (материальная и нематериальная) за достижение высоких показателей безопасности;
- информационные - знания о целевой функции предприятия в вопросах обеспечения безопасности, результатов оценки условий труда, данные затратах на мероприятия по совершенствованию системы охраны труда, обо всех несчастных случаях, произошедших на предприятии;
- материальные – это средства труда (техника и оборудование производственные здания, горные выработки, материалы, энергия, приборы, приспособления и т.д.);

Таблица 1 Дефиниции термина

Table 1 Definitions of the term

Термин	Определение
Человеческий фактор	(Большая советская энциклопедия): Вся совокупность свойств работника (квалификация, мотивы поведения, интересы, культура и др.)
	Врожденные характеристики (антропометрия), а также приобретенные качества (знания, навыки, интересы, ценности)
	Совокупность свойств (личностных, социально-психологических особенностей, психофизиологических характеристик) и возможностей человека, проявляющихся в рамках систем «человек-человек», «человек-техника» в процессе трудовой деятельности и оказывающих существенное влияние на эффективность труда.

- трудовые – работники с их квалификацией, профессиональными и личностными качествами;

- интеллектуальные – нематериальные активы предприятия и др. предприятий, регионов и отраслей (проекты, результаты научно-исследовательских работ, разработки и т.д.).

Кроме того, важной составляющей человеческого фактора является мотивация работника на выполнение трудовых операций, совокупность его личностно-деловых качеств: ответственности, честности, порядочности, психофизиологических и эмоционально-волевых качеств.

Таким образом, обобщая данные определения, содержание понятия «человеческий фактор» можно выразить с помощью формулы:

$$ЧФ = \Sigma (Кв, М, О, П, ЛК)$$

где **ЧФ** – человеческий фактор, **Кв.** – квалификация, **М** – мотивация, **О** – ответственность, **П** – полномочия, **ЛК** – личные качества.

Выражение «человеческий фактор» часто используется как объяснение причин катастроф и аварий, повлекших за собой убытки или человеческие жертвы. При этом, в системе безопасности труда часто звучат такие его составляющие, как:

- некомпетентность;
- невнимательность;
- недостаток образования;
- недостатки профотбора;
- несовпадение параметров техники с антропометрическими, биофизическими, физиологическими параметрами человека;
- психологическая несовместимость.

Однако, существует множество примеров положительного влияния человеческого фактора, когда он ассоциируется не с ограничениями, а с возможностями (рисунок 1).

Задача службы управления персоналом угледобывающего предприятия – повысить роль самого работника в обеспечении безопасности труда на каждом рабочем месте, исключить влияние ограничивающих компонентов и обеспечить развитие тех составляющих человеческого фактора, которые наиболее влияют на безопасность и предотвращение травм и аварий: квалификации и компетенций, распределение



Рисунок 1 Человеческий фактор как ограничения и возможности.
Figure 1. The human factor as limitations and opportunities

ответственности и полномочий, мотивации на безопасный труд и др.

Человеческий фактор как совокупность свойств и возможностей человека проявляется при взаимодействии между людьми в процессе трудовой деятельности и оказывают существенное влияние на эффективность и безопасность производства

При организации работы по управлению персоналом угледобывающего предприятия важно учитывать все аспекты такого взаимодействия для того, чтобы обеспечить достижение основной цели: создание безопасной рабочей среды и снижение уровня производственного травматизма и аварийности.

Анализ законодательной базы по вопросам охраны труда и управления персоналом показал, что большинство мероприятий по управлению персоналом, важных с точки зрения повышения уровня безопасности труда на опасном производстве, не регламентированы законодательством (таблица 2).

При существующих подходах государство, при своем организующем начале, обязанности по разработке и реализации мероприятий, направленных на повышение эффективности функционирования системы охраны труда на предприятиях, снижению уровня производственного травматизма возложило на работодателя. Для этого на предприятии существует ряд обеспечивающих решение данных задач систем, к которым относятся, например, участки вентиляции и техники безопасности, ремонта горных выработок, буро-взрывных работ, конвейерного и шахтного транспорта и др. Одной из основных систем, обеспечивающих решение проблемы высокого производственного травматизма, совершенствования системы охраны труда должна стать система управления персоналом [2].



Рисунок 2. Человеческий фактор как взаимодействие систем.
Figure 2. The human factor as the interaction of systems.

Таблица 2. Мероприятия по управлению персоналом в аспектах охраны труда
 Table 2. Measures for personnel management in the aspects of labor protection

Этапы работы с персоналом	Мероприятия, направленные на снижение уровня производственного травматизма	Регламентированы ли законодательством РФ/нормативный акт
Планирование персонала	Разграничение функций по обеспечению охраны труда между структурными подразделениями, руководителями, специалистами, рабочими	нет
	Определение требований к необходимому уровню компетенций в области охраны труда, лично-деловым, психофизиологическим качествам	нет
	Разработка положений о структурных подразделениях и должностных инструкций	нет
	Разработка инструкций по охране труда по профессиям	да (типовые)
	Разработка требований к численности служб охраны труда	нет
	Разработка требований к квалификации	да/ЕТКС
Отбор персонала. Трудоустройство.	Разработка и ознакомление с Кардинальными требованиями безопасности, Политикой безопасности, другими локальными документами по вопросам охраны труда	нет
	Психофизиологический отбор	нет
	Психологическая диагностика	нет
	Интервью по компетенциям	нет
	Предварительное обучение по вопросам охраны труда и проверка знаний	да/Постановление Минтруда России и Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29
	Проверка знаний и навыков при трудоустройстве на подземные работы	да/Постановление Правительства РФ от 24.05.2012 г. № 506 «Об утверждении Правил проверки соответствия знаний и умений лиц, принимаемых на подземные работы, соответствующим квалификационным требованиям»
Адаптация персонала	Адаптационные часы для вновь трудоустроенных рабочих	нет
	Адаптационные тренинги для вновь трудоустроенных специалистов и руководителей	нет
	Закрепление рабочего инструктора за вновь трудоустроенным молодым рабочим	да/ Приказ Департамента труда Кемеровской области от 04.12.2003 № 125-ОД
	Тренинги отпускников	нет
	Курс «Психология безопасности» (для руководителей, бригадиров, наставников)	нет
Обучение и развитие персонала	Поведенческие беседы безопасности по предупреждению внештатных ситуаций	нет
	Проведение инструктажей (вводного, целевого, периодического)	да/Приказ Департамента труда Кемеровской области от 04.12.2003 № 125-ОД
	Периодическое обучение и аттестация по охране труда и промышленной безопасности	да/ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.2007 № 116-ФЗ
	Обучение Лидеров безопасного труда	нет
	Повышение инженерно-технологических компетенций	нет
	Обучение линейных руководителей	нет
Оценка персонала	А, В, С - оценка (с использованием показателя травмирования)	нет
	Оценка (аттестация) на соответствие требованиям занимаемой должности	нет
	Проверка знаний и аттестация по охране труда и промышленной безопасности (в т.ч. внеочередная)	да/ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.2007 № 116-ФЗ
	Социально-психологические исследования (оценка факторов, влияющих на аварийность и травматизм), разработка и реализация мероприятий по результатам оценки	нет
Мотивация персонала	Конкурс «Лучшая шахта (участок) по безопасности»	нет
	Награждение за безопасный труд	нет
	Система KPI (показатель «количество травм»)	нет

Традиционно основными функциями системы управления персоналом являются: планирование персонала (определение качественной и количественной потребности в персонале), подбор, отбор персонала, адаптация, обучение и развитие, мотивация, ротация, высвобождение (рисунок 3.).

Анализ функционирования системы управления персоналом на угледобывающих предприятиях свидетельствует о том, что функции данной системы, как правило, недостаточно связаны с вопросами охраны труда и обеспечения безопасности. В то же время, как показывает практика, эффективно организованная система управления персоналом может существенно влиять на все параметры человеческого фактора, обеспечивая при этом снижение уровня травматизма, текучести персонала, повышение уровня вовлеченности, улучшения культуры безопасности [4].

Структурирование системы управления персоналом с учетом влияния на эффективность системы охраны труда и снижения уровня производственного травматизма позволило выделить следующие основные блоки, соответствующие ключевым направлениям охраны труда на предприятии (рисунок 5):

- планирование;
- отбор;
- обучение и развитие;
- мониторинг выполнения трудовых операций.

Распределение функций, ответственности и полномочий по вопросам охраны и безопасности труда производится на этапе планирова-

ния путем разработки положений о структурных подразделениях, должностных инструкций и инструкций по профессиям. Для обеспечения понимания работниками параметров своего рабочего места, выполняемых операций, зон ответственности и ресурсов по вопросам охраны труда и влияния на уровень производственного травматизма (полномочий по их использованию) на этапе отбора, до момента подписания трудового договора (оформления трудовых отношений) производится ознакомление кандидата с требованиями вышеназванных документов. Начиная с этапа адаптации и далее, в процессе реализации функций, совершенствуются навыки выполнения трудовых операций, знания и умения безопасно действовать в критических и нестандартных ситуациях, ликвидировать отклонения технологических процессов от заданных параметров, расширяются зоны ответственности, более эффективно используются полномочия в решении вопросов безопасности и снижения уровня производственного травматизма. Другими словами, повышается уровень компетенций работника (рисунок 4).

Учитывая тот факт, что многие направления работы с персоналом, способствующие повышению уровня безопасности и эффективности производства, снижению травматизма, повышению уровня культуры безопасности, не регламентированы требованиями законодательства, работодатели разрабатывают и реализуют их в рамках своих компаний и предприятий [3]. В рамках основных подсистем системы управления персоналом внедряются следующие мероприятия:

Отбор персонала. Трудоустройство.

Разработаны кардинальные требования безопасности, Политика безопасности, другие локальные нормативные акты по вопросам охраны труда. С данными документами работник знакомится на этапе трудоустройства.

Проводится психофизиологическая и психологическая диагностика для определения профессионально-важных качеств, необходимых работнику для успешной и безопасной реализации своих трудовых функций: работоспособность и ответственность, склонность к риску, надежность, прогноз поведения в экстремальных ситуациях, умение работать в команде, способности к обучению и др.

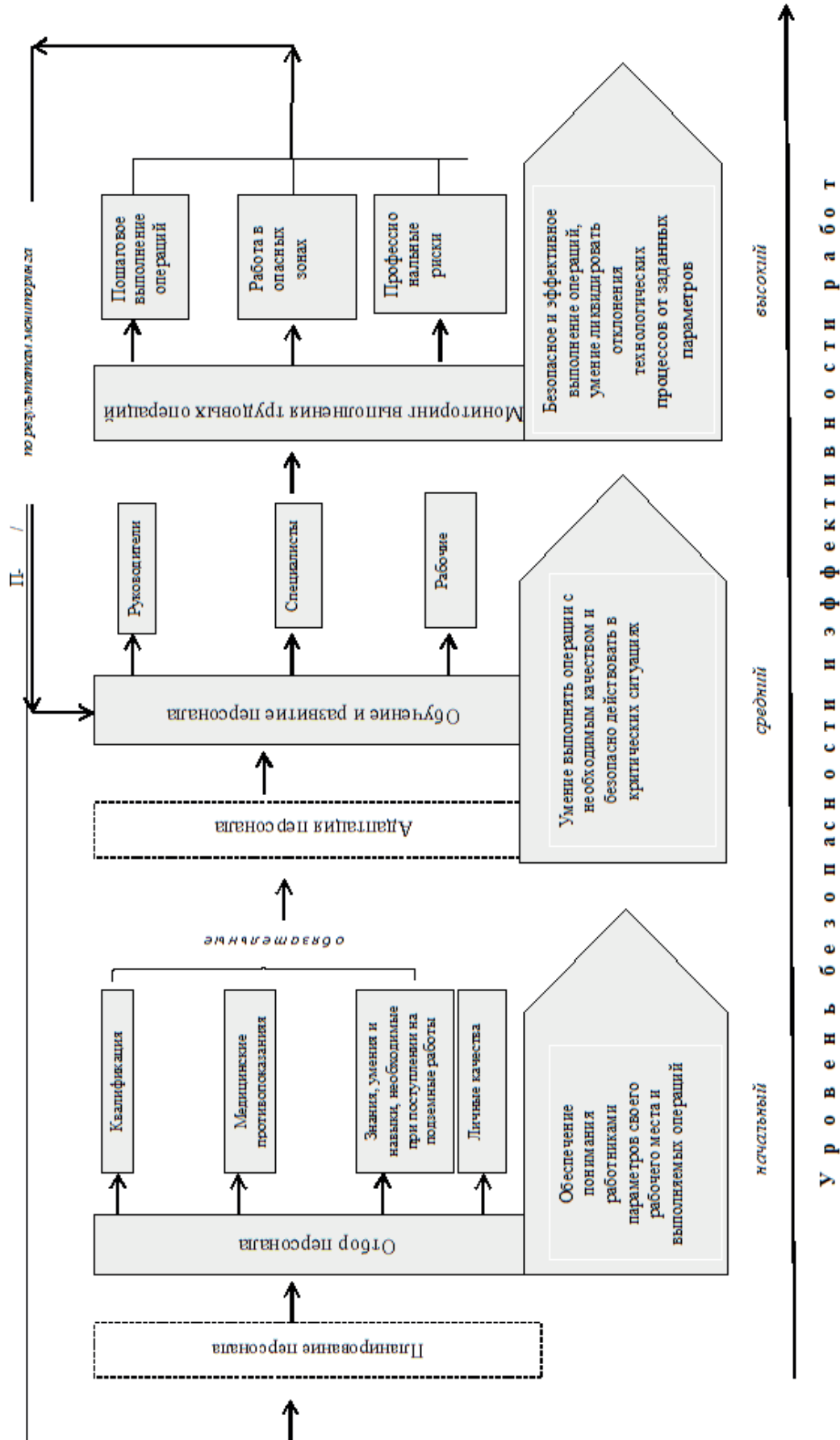
Адаптация персонала.

Для вновь трудоустроенных работников угледобывающих предприятий проводятся адаптационные часы и тренинги, на которых их знакомят с особенностями предприятия, прави-



Рисунок 3. Функции системы управления персоналом
 Figure 3. Functions of the personnel management system

Рисунок 4. Система управления персоналом с учетом влияния на охрану труда
 Figure 4. Personnel management system, taking into account the impact on safety



лами и требованиями, возможностями для дальнейшего повышения уровня квалификации, профессионального и карьерного роста. Подобные мероприятия (тренинги отпуски) проводятся для тех, кто приступает к работе после длительного (более месяца) перерыва.

Обучение и развитие персонала.

Реализуется множество программ по развитию технических, управленческих, психологических, экономических компетенций: «Психология безопасности», «Линейный руководитель», «Управленческая эффективность», «От мастера до директора» и др. С целью развития технических, технологических компетенций, компетенций по вопросам безопасности реализуются школы главных специалистов (школа механика, школа проходчика, геолого-маркшейдерская школа и др.), проводятся технические форумы и

школы передового опыта, научно-практические конференции, ТРИЗ-семинары.

Мотивация персонала на безопасный труд.

Проводятся конкурсы «Лучшая шахта (участок, звено) по безопасности», поощряется (материально и морально) работа без травм и аварий, в системе ключевых показателей эффективности руководителей используется критерий «количество травм».

Таким образом, используя критерий риска несчастных случаев и травмирования работников в качестве важного критерия оценки эффективности системы управления персоналом, можно существенно повлиять на систему управления охраной труда, повысить культуру безопасности угледобывающего предприятия, снизить риски травм и аварий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гимельштейн Л.Я., Френкель Ю.М. Безопасность труда шахтеров. Человеческий фактор. Кемеровское книжное издательство, 1990 г. – С.10
2. Даянц Д.Г., Романова Н.П. Управление персоналом на горных предприятиях. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2001. – 302 с.
3. Исследование влияния человеческого фактора на создание опасных производственных ситуаций. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <http://hr-portal.ru/article/issledovanie-vliyaniya-chelovecheskogo-faktora-na-sozdanie-opasnyh-proizvodstvennyh-situaciy> (дата обращения 21.02.2021).
4. Солнцева Г.Н. Человеческий фактор в обеспечении безопасности сложных технических объектов/Материалы конференции «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах», Санкт-Петербург, 05-09 июля 2016 г.
5. Седельников Г.Е., Фомин А. И. Компетентность – основа безопасности труда горняков. Вестник Научного центра по промышленной и экологической безопасности № 1. – 2020. – Стр. 53-58.
6. Фомин А.И. Анализ условий и охраны труда на предприятиях угольной отрасли Кузбасса Вестник Научного центра по промышленной и экологической безопасности № 3. – 2020. – Стр. 53-58.
7. Седельников Г.Е. Человеческий фактор в охране труда. Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности № 1. – 2015. – Стр. 82-85.
8. Фомин А.И., Макарова Е.В., Войтенкова Ю.С., Седельников Г.Е. Профессиональный риск: выявление, оценка, управление. Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности № 2. – 2010. – Стр. 112-115.

REFERENCES

1. Gimelshtein, L. Ya., & Frenkel, Yu.M. (1990). Bezopasnost' truda shakhterov. Chelovecheskiy faktor [Work safety of miners. Human factor]. Kemerovskoye knizhnoye izdatel'stvo [in Russian].
2. Daiants, D.G., & Romanova, N.P. (2001). Upravleniye personalom na gornyykh predpriyatiyakh [Personnel management at mining enterprises]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta [in Russian].
3. Issledovaniye vliyaniya chelovecheskogo faktora na sozdaniye opasnykh proizvodstvennykh situatsiy [The human factor influence on hazardous industrial situation creation investigation]. Retrieved from: <http://hr-portal.ru/article/issledovanie-vliyaniya-chelovecheskogo-faktora-na-sozdanie-opasnyh-proizvodstvennyh-situaciy> [in Russian].
4. Solntseva, G.N. (2016). Chelovecheskiy faktor v obespechenii bezopasnosti slozhnykh tekhnicheskikh ob'yektov [The human factor in the complex technical objects' safety ensuring]. Proceedings from: The human factor in complex technical systems and environments: Konferentsia (05-09 iul'ia 2016 goda – Conference. Sankt-Peterburg [in Russian].
5. Sedelnikov, G.Ye., & Fomin, A.I. (2020). Kompetentnost' – osnova bezopasnosti truda gornyakov [Competence is the basis for the miners' safety]. Vestnik Nauchnogo tsentra po promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnosti –Scientific Center Herald of Industrial and Environmental Safety, 1, 53-58 [in Russian].
6. Fomin, A.I. (2020). Analiz usloviy i okhrany truda na predpriyatiyakh ugol'noy otrasli Kuzbassa [Analysis of working conditions and labor protection at the enterprises of the Kuzbass coal industry]. Vestnik Nauchnogo tsentra po promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnosti –Scientific Center Herald of Industrial and Environmental Safety, 3, 53-58 [in Russian].
7. Sedelnikov, G.Ye. (2015). Chelovecheskiy faktor v okhrane truda [The human factor in labor protection]. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 1, 82-85 [in Russian].
8. Fomin, A.I., Makarova Ye.V., Voitenkova, Yu.S., & Sedelnikov, G.Ye. (2010). Professional'nyy risk: vyyavleniye, otsenka, upravleniye [Professional risk: identification, assessment, management]. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 2, 112-115 [in Russian].



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



Т.В. Грунскоой// T.V. Grunskoy
uxtacity@yandex.ru

канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «УГТУ», Россия, 169300, Ухта, ул. Держинского, 17
Candidate of technical sciences, associate professor FGBOU VO "UGTU", Russia, 169300, Ukhta, st. Dzerzhinsky, 17

УДК 622.276; 331.86.25

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ДОБЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ – КУЗБАССА И РЕСПУБЛИКИ КОМИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROFESSIONAL MORBIDITY AT EXTRACTING INDUSTRY ENTERPRISES OF KEMEROVO REGION - KUZBASS AND THE REPUBLIC OF KOMI

В статье отмечена важная роль предприятий добывающих отраслей топливно-энергетического комплекса для развития экономики двух регионов – Кемеровской области и Республики Коми и в целом Российской Федерации. Приведены результаты исследований состояния профессиональной заболеваемости на предприятиях топливно-энергетического комплекса. Выявлен высокий уровень профессиональной заболеваемости среди работников, занятых в технологических процессах по добыче энергетических полезных ископаемых: угля и нефти. Определена основная группа работников угледобывающих и нефтедобывающих предприятий, ведущих добычу подземным способом, наиболее подверженная риску развития профессиональных заболеваний, в результате воздействия вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы. На основании выполненного анализа профессиональной заболеваемости сделано распределение вредных производственных факторов, вносящих основной вклад в развитие профессиональных заболеваний у работников угольной и нефтедобывающей отраслей экономики Кузбасса и Республики Коми.

The article notes the important role of enterprises in the extractive industries of the fuel and energy complex for the development of two regions - the Kemerovo Region and the Komi Republic and the Russian Federation as a whole economy. The study results of the occupational morbidity state at the enterprises of the fuel and energy complex are presented. A high level of occupational morbidity was revealed among workers employed in technological processes of energy minerals extraction: coal and oil. The main group of workers of coal mining and oil production enterprises engaged in underground mining, which is most at risk of developing occupational diseases, as a result of exposure to harmful production factors exceeding hygienic standards, has been determined. Based on the analysis of occupational morbidity, the distribution of harmful production factors that make the main contribution to the development of occupational diseases among workers in the coal and oil-extracting sectors of the economy of Kuzbass and the Komi Republic is made.

Ключевые слова: ДОБЫЧА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, КУЗБАСС, РЕСПУБЛИКА КОМИ, ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ.

Key words: MINING, KUZBASS, KOMI REPUBLIC, HARMFUL PRODUCTION FACTORS, OCCUPATIONAL DISEASES.

Сравнительный анализ профессиональной заболеваемости этих двух субъектов Российской Федерации выполнен потому, что их объединяет то, что в экономике как Кузбасса, так и Республики Коми ведущее место занимают предприятия топливно-энергетического комплекса.

Полезные ископаемые Кемеровской области, прежде всего, представлены каменным

углем. Это главное, но не единственное богатство региона. Энергетические угли составляют 70 % от общих запасов углей в Кузбассе. В недрах кузнецкой земли находится практически вся периодическая таблица Д.И. Менделеева. Так, среди горючих полезных ископаемых имеется более 20 месторождений торфа, а также нефть, природный газ. Кроме топливно-энергетических ресурсов находятся как рудные, так и

нерудные месторождения полезных ископаемых. Прежде всего это запасы железной руды, которые оцениваются в 5 млрд. тонн. В регионе есть 17 месторождений бокситовых руд, месторождения марганца, золота, свинцово-цинковых руд и др. Среди нерудных полезных ископаемых – 5 месторождений флюсовых известняков, 3 месторождения кварцитов, 2 месторождения доломитов, 8 месторождений огнеупорных глин, 6 месторождений формовочных песков и т. д.

Республика Коми также является минерально-сырьевым регионом, в недрах которого имеются запасы кварцево-жильного сырья, титана, бокситов, угля, нефти, газа. Топливно-энергетический комплекс, как и в Кузбассе, является основной отраслью Республики Коми. Предприятия по добыче полезных ископаемых составляют 44,1 % от промышленности региона. В настоящее время в эксплуатации находятся 40 месторождений полезных ископаемых. На предприятиях по добыче полезных ископаемых трудятся около 25 тысяч работников.

По сравнению с другими отраслями промышленности во многих странах мира условия труда в горнодобывающей промышленности являются одними из наиболее опасных [1]. Более того, «Большинство заболеваний, травм и других состояний здоровья работающих людей многофакторны» [2].

Условия труда большинства работников горнодобывающей промышленности относятся к 3 классу – вредные условия труда, которые оказывают непосредственно прямое и косвенное воздействие на здоровье персонала и являются основной причиной формирования производ-

ственно-обусловленной и профессиональной заболеваемости. В 23 регионах Российской Федерации профессиональная заболеваемость превышает общероссийский показатель. Как Кузбасс, так и Республика Коми относятся к регионам с повышенным уровнем профессиональной заболеваемости, но с тенденцией незначительного снижения ее уровня [3].

Так, в 2019 году на предприятиях, расположенных на территории Кемеровской области – Кузбасса – зарегистрировано 562 (82,90 %) случая профессиональной заболеваемости, в том числе на предприятиях по добыче угля – 524 (77,27 %) случая [4].

Показатель профессиональной заболеваемости на предприятиях по добыче полезных ископаемых в Кузбассе на 10 тысяч работников в 2019 году составил 55,51 случаев, а на предприятиях по добыче угля – 56,25 случаев.

В угольной промышленности Кузбасса основная доля профессиональной патологии, в зависимости от воздействующего фактора, наиболее выражена и вызывает высокий уровень профессиональных заболеваний 68,7 % - воздействие физических факторов. Далее идут заболевания, вызванные воздействием физических перегрузок, которые составляют 37,79 %.

Чаще всего профессиональным заболеваниям подвержены работники основных профессий угледобывающих предприятий – «группы риска». Так, в 2019 году на предприятиях, ведущих добычу угля в Кузбассе подземным способом, это: проходчики – 111 случаев заболеваний, горнорабочий очистного забоя – 75 случаев заболеваний, электрослесарь подземный – 64 случая

Таблица 1 - Субъекты Российской Федерации с наиболее высокими показателями профессиональной заболеваемости

Table 1 - Subjects of the Russian Federation with the highest rates of occupational morbidity

Субъекты РФ	Показатель на 10 тыс. работников				
	2015	2016	2017	2018	2019
Российская Федерация	1,65	1,47	1,31	1,17	1,03
Чукотский АО	13,50	6,84	2,13	5,11	12,44
Республика Хакасия	16,70	12,14	9,90	11,53	12,35
Республика Саха (Якутия)	9,03	9,58	10,02	10,10	9,25
Кемеровская область – Кузбасс	13,30	13,24	10,93	9,96	8,64
Мурманская область	8,38	5,93	6,61	8,45	8,56
Республика Коми	10,01	10,64	13,12	9,32	6,43

Таблица 2. Структура профессиональной патологии в угольной отрасли Кузбасса
Table 2. The structure of occupational pathology in the coal industry of Kuzbass

Производственный фактор	Количество заболеваний Удельный вес, %					
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Физические перегрузки	269	230	198	40,03	38,53	37,79
Физические факторы, вт. ч.:	311	301	360	46,27	50,41	68,70
Вибрация	160	146	198	23,80	24,45	30,92
Шум	151	155	162	22,47	25,96	21,56
Промышленные аэрозоли	92	66	113	13,70	11,06	9,35
Химический фактор	0	0	49	0	0	0,38
Канцерогены	0	0	2	0	0	0
Всего по Кузбассу	672	597	524	100	100	100

заболеваний, машинист горных выемочных машин – 61 случай заболеваний, горномонтажник подземный – 14 случаев заболеваний.

На предприятиях, ведущих добычу угля в Кузбассе открытым способом, в 2019 году профессиональных заболеваний зарегистрировано: у водителей технологического транспорта – 46 заболеваний, у машинистов экскаватора – 43 заболевания, у машинистов бульдозера – 17 заболеваний, у машинистов буровой установки – 16 заболеваний.

У женщин, работающих на предприятиях по добыче полезных ископаемых в 2019 году зарегистрировано 16 случаев, в т. ч. 14 случаев на

предприятиях угольной отрасли [4].

В республике Коми наибольшее количество работников, занятых добычей полезных ископаемых трудятся во вредных условиях труда, регистрируется в угледобывающей отрасли региона (87,9%). Воздействие повышенных уровней ВПФ на работающих приводит к возникновению профессиональных заболеваний. Так, наибольшее количество профессиональных заболеваний за последние 5 лет с 2015 по 2019 годы 1371 случай (84 %) приходится на предприятия угольной промышленности городов Воркута и Инта [5, 6].

Вредные условия труда и продолжитель-

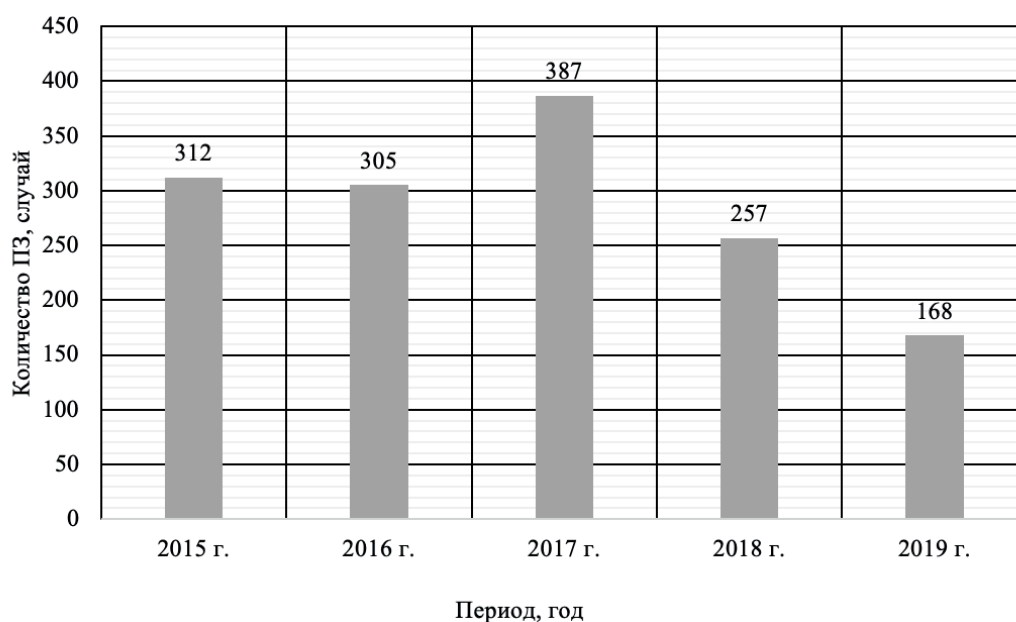


Рисунок 1. Количество профессиональных заболеваний в добывающей промышленности Республики Коми в период с 2015 по 2019 гг.

Figure 1 - The number of occupational diseases in the extractive industry of the Komi Republic in the period from 2015 to 2019

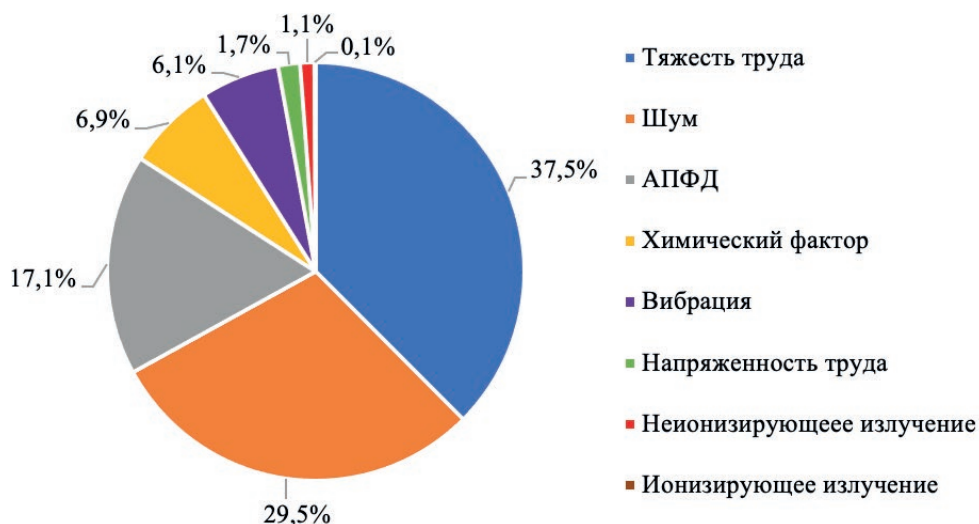


Рисунок 2. Долевое распределение занятых на работах в добывающей промышленности РК под воздействием отдельных факторов производственной среды
 Figure 2. Share distribution of those employed in the mining industry of the Komi Republic under the influence of certain factors of the working environment

ное влияние высоких уровней факторов производственной среды на рабочих местах являются основной причиной развития у работающих профзаболеваний.

Основная доля (88 %) выявленных случаев профессиональных заболеваний (1429 случаев) в период с 2015 по 2019 гг. приходится на добывающую отрасль региона (рис. 1).

Удельный вес в процентах от общей численности работников, занятых добычей полезных ископаемых под воздействием отдельных факторов производственной среды (рис. 2).

Влияние вредных и опасных производственных факторов вносит основной вклад в формирование профессиональной и профессионально обусловленной патологии работников в добывающей промышленности (рис.3).

Влияние вредных и опасных производственных факторов вносит основной вклад в формирование профессиональной и профессионально обусловленной патологии работников в

добывающей промышленности (рис.3).

Структура профессиональной заболеваемости из года в год особенно не изменяется. В структуре нозологических форм хронических профзаболеваний преобладают заболевания, связанные с воздействием физических перегрузок (61,6 %); виброакустических факторов (22,6 %); АПФД (12,3 %); химический фактор (3,5 %) [5, 6, 7].

Наибольший удельный вес заболевших в таких профессиональных группах, как проходчик, электрослесарь подземный, горнорабочий очистного забоя, бортмеханик, мастер по проходке горных выработок, горнорабочий по ремонту горных выработок, машинист горных выемочных машин.

Основные причины возникновения профзаболеваний представлены на рис.5.

Анализ состояния профессиональной заболеваемости на нефтяных шахтах более полно представлен в работах [9, 10].



Рисунок 3. Структура профессиональных заболеваний по Республике Коми с 2015 по 2019 гг.
 Figure 3. The structure of occupational diseases in the Komi Republic from 2015 to 2019

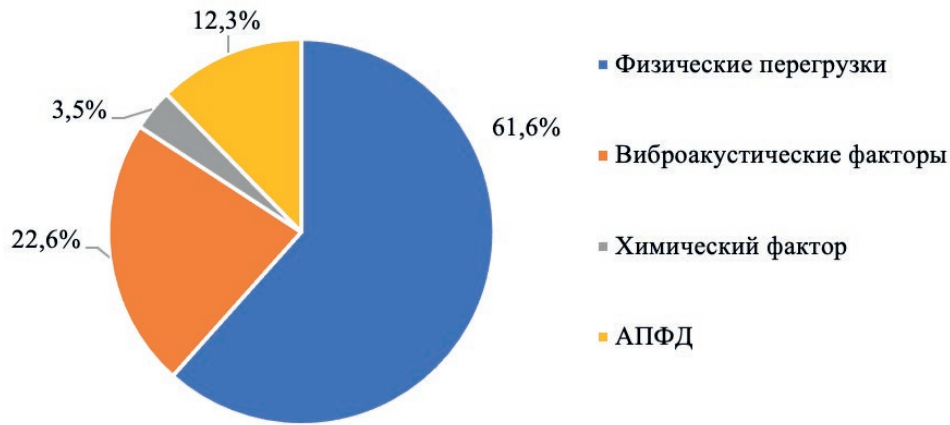


Рисунок 4. Долевое распределение вредных факторов, вызывающих профессиональные заболевания у работников по РК в период с 2015 по 2019 г.
 Figure 4. Share distribution of harmful factors causing occupational diseases among workers in the Komi Republic in the period from 2015 to 2019



Рисунок 5. Основные причины возникновения профессиональных заболеваний
 Figure 5 - The main causes of occupational diseases

Заключение

За счет улучшения атмосферы безопасности труда руководство может потенциально уменьшить профессиональные риски на рабочих местах» [3].

С целью снижения рисков профессиональной заболеваемости среди работников добывающей промышленности прежде всего необходимо:

- учитывать гигиеническую характеристику профессиональной деятельности работников;
- по результатам первичных и периодических медицинских осмотров проводить диагностику состояния здоровья работников, занятых на подземных работах, с учетом стажа работы в контакте с вредными производственными факторами;
- особого внимания требует персонал,

отнесенный к группе риска, и отработавший во вредных условиях более 5 лет;

- проведение углубленного профосмотра на более ранних этапах, через 2 – 3 года трудового стажа для всего подземного персонала с проведением в обязательном порядке исследований холодной пробы, остроты зрения, паллестезиометрии, рентгенографии кистей рук, аудиометрии, спирометрии;

- проводить ротацию кадров на рабочих местах (временную или постоянную) с условиями труда, исключая воздействие вибрации (общей и локальной), шума и повышенных концентраций АПФД;

- строгое соблюдение режима труда и отдыха, проведение оздоровительных и профилактических мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Onder, S., Evaluation of occupational injuries with lost days among opencast coal mine workers through logistic regression models. *SafetyScience*, 59, pp. 86-92, 2013.
2. Interaction of Occupational and Personal Risk Factors in Workforce Health and Safety / Paul A. Schulte, PhD, SudhaPandalai, MD, Victoria Wulsin, MD, and HeeKyoungh Chun, ScD/ *Am J Public Health*. 2012 March; 102(3): 434–448. Publishedonline 2012 March. doi: 10.2105/AJPH.2011.300249.
3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году. Государственный доклад. – М. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2020. – 299 с.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области – Кузбассе в 2019 году: Государственный доклад. – Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области – Кузбассу, 2020. – с. 318.
5. Официальная статистка Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Коми [Электронный ресурс] : – Режим доступа <https://komi.gks.ru/>.– Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 08.10.2020 г.).
6. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» по Республике Коми в 2019 году. – Сыктывкар. – 2020. – 139 с.
7. Доклад о состоянии условий и охраны труда в Республике Коми в 2019 году. – Сыктывкар. – 2020. – 69 с.
8. A structural equation modelling approach examining the pathways between safety climate, behaviour performance and workplace slipping / Dr David I Swedler, University of Illinois at Chicago, School of Public Health, 2121 W Taylor St, Chicago, IL 60612, USA / *Occup Environ Med* 2015;72:476-481 doi:10.1136/oemed-2014-102496.
9. Фомин А.И., Грунсконой Т.В. Комплексная оценка профессиональных рисков работников подземной группы при добыче нефти термощахтным способом // *Безопасность труда в промышленности*. – 2019. – № 3 – С. 81–86.
10. Фомин А.И., Грунсконой Т.В. Исследование результатов профосмотров подземных работников нефтяных шахт и оценка профессионального риска // *Инновации в технологиях и образовании*. Сборник статей участников XII Международной научной конференции «Инновации в технологиях и образовании» филиал КузГТУ г. Белово 21-22 марта 2019 г. Изд-во КузГТУ, Кемерово, Россия; Изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия», Великово Тырново, Болгария 2019 – Ч 2. 351 с. – С. 197-201.

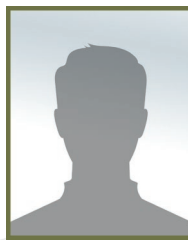
REFERENCES

1. Onder, S., (2013). Evaluation of occupational injuries with lost days among opencast coal mine workers through logistic regression models. *SafetyScience*, 59, pp. 86-92 [in English].
2. Interaction of Occupational and Personal Risk Factors in Workforce Health and Safety / Paul A. Schulte, PhD, SudhaPandalai, MD, Victoria Wulsin, MD, and HeeKyoungh Chun, ScD/ *Am J Public Health*. 2012 March; 102(3): 434–448. Publishedonline 2012 March. doi: 10.2105/AJPH.2011.300249. [in English].
3. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu. Gosudarstvennyy doklad. [On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2019. State report]. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka - Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2020.[in Russian].
4. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Kemerovskoy oblasti – Kuzbasse v 2019 godu: Gosudarstvennyy doklad [On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Kemerovo region - Kuzbass in 2019: State report]. - Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Kemerovo Region - Kuzbass – Upravleniye Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka po Kemerovskoy oblasti – Kuzbassu, 2020 [in Russian].
5. Ofitsial'naya statistka Territorial'nyy organ Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Komi [Official statistics Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Komi Republic]. Retrieved from: <https://komi.gks.ru/> [in Russian].
6. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiyskoy Federatsii» po Respublike Komi v 2019 godu [State report "On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation" in the Komi Republic in 2019]. Syktyvkar – 2020 [in Russian].
7. Federal'nyy bank dannykh «Pozhary» [Federal data bank "Fires"]. Retrieved from: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/informacionnye-sistemy/federalnyy-bank-dannyh-pozhary> [in Russian].
8. A structural equation modelling approach examining the pathways between safety climate, behaviour performance and workplace slipping / Dr David I Swedler, University of Illinois at Chicago, School of Public Health, 2121 W Taylor St, Chicago, IL 60612, USA / *Occup Environ Med* 2015;72:476-481 doi:10.1136/oemed-2014-102496 [in English].
9. Fomin, A.I., & Grunsky, T.V. (2019). Kompleksnaya otsenka professional'nykh riskov rabotnikov podzemnoy gruppy pri dobyche nefiti termoshakhtnym sposobom [Underground group workers occupational risks comprehensive assessment during oil thermal mining]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety*, 3, 81-86 [in Russian].
10. Fomin, A.I., & Grunsky, T.V. (2019). Issledovaniye rezul'tatov profosmotrov podzemnykh rabotnikov neftyanykh shakht i otsenka professional'nogo riska [Oil mines underground workers' professional examinations results' study and professional risk assessment]. Article collection from Innovation in technology and education. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya (Belovo, 21-22 marta 2019 goda)- International Scientific Conference, (part 2,pp.197-201)*. Kemerovo, KuzGTU [in Russian].



В.В. Утюганова // V.V. Utiuganova
kvomgtu@gmail.com

аспирант ФГБОУ ВО «ОмГТУ», Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11
FGBOU VO "OmGTU" postgraduate student, Russia, 644050, Omsk, Prospect Mira, 11



Н.О. Ковальковская// N.O. Koval'kovskaia
kownad2009.92@mail.ru

аспирант, ФГБОУ ВО «ОмГТУ», Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11
FGBOU VO "OmGTU" postgraduate student, Russia, 644050, Omsk, Prospect Mira, 11



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.С. Сердюк// V.S. Serdiuk
vitalyserdyuk@yandex.ru

доктор техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «ОмГТУ», Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11
doctor of technical sciences FGBOU VO "OmGTU" professor, Russia, 644050, Omsk, Prospect Mira, 11

УДК 622.86;87;331.45

ФОРМИРОВАНИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В ГОРНОЙ ОТРАСЛИ

FORMATION OF A CONCEPTUAL APPARATUS AND PROFESSIONAL RISKS' FORECAST METHOD CHOICE PROOF IN THE MINING INDUSTRY

Авторами проведен сравнительный анализ зарубежного и российского понятийного аппарата в области управления профессиональными рисками. Выявлены наиболее актуальные в практике термины и определения, характеризующиеся однозначностью, адекватностью и рассматриваются с точки зрения специфики горной отрасли. Предлагается авторское определение термина «уровень риска», а также уточнение терминов «опасное событие» и «оценка риска», основанные на исследовании нормативной правовой базы в области управления рисками. Представлен краткий обзор основных методов анализа и прогнозирования профессиональных рисков с позиции применимости в горной отрасли. Приведено научное обоснование выбора метода Монте-Карло и представлен пример его практического применения для прогнозирования рисков при проведении технологических операций в горной отрасли.

На современном этапе функционирования систем управления охраной труда нельзя говорить о существовании единого методологического подхода к прогнозированию и оценке профессиональных рисков в данной отрасли, т.к. отсутствует универсальная методика прогнозирования профессиональных рисков. Для совершенствования процесса управления профессиональными рисками, авторами был проведен анализ применяемых методов и выявлены их основные преимущества и недостатки. На основании результатов анализа авторами предложен наиболее эффективный для прогнозирования профессиональных рисков в горной отрасли метод Монте-Карло.

The authors carried out a comparative analysis of the foreign and Russian conceptual apparatus in the field of professional risk management. The most relevant in practice terms and definitions, characterized by unambiguity, adequacy, and considered from the mining industry specifics point of view are identified. The author proposes the author's definition of the term "risk level", as well as clarification of the terms "hazardous event" and "risk assessment", based on the study of the regulatory legal framework in the field of risk management. A brief overview of professional risks' analysis and forecasting main methods from the standpoint of applicability in the mining industry is presented. The scientific proof of the Monte Carlo method choice is given and an example of its practical application for forecasting risks during technological operations in the mining industry is presented. At the present stage of OSH management system functioning, one cannot speak of the existence of a unified methodological approach to professional risk forecasting and assessing in this industry, since there is no

universal methodology for forecasting professional risks. To improve the process of professional risk management, the authors analyzed the methods used and identified their main advantages and disadvantages. Based on the analysis results, the authors proposed as the most effective Monte Carlo method for forecasting professional risks in the mining industry.

Ключевые слова: ГОРНАЯ ОТРАСЛЬ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РИСКИ, ОЦЕНКА РИСКА, ОХРАНА ТРУДА, УПРАВЛЕНИЕ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Key words: MINING INDUSTRY, PROFESSIONAL RISKS, RISK ASSESSMENT, LABOR PROTECTION, MANAGEMENT, FORECASTING

В 2019 году в угольной отрасли Кузбасса официально зафиксирована лишь одна авария (в 2018-м – 4 аварии), связанная с возгоранием эстакады на обогатительной фабрике «Коксовая». Но при этом увеличилось количество несчастных случаев со смертельным исходом: травмы, не совместимые с жизнью, получил 21 человек (за 2018 г. – 13 летальных исходов). Экспертным путем установлено, что основной системной причиной аварийности и травматизма в горной отрасли является человеческий фактор, в том числе, формальность управления охраной труда при низком уровне внутреннего контроля. Более того, уровень компетентности руководящего звена, принимающего управленческие решения, не достаточен для организации производственного процесса на высоком уровне безопасности. В результате, правилами безопасности пренебрегают и руководители, и рабочие. Это свидетельствует о пренебрежении важными процедурами управления охраной труда и профессиональными рисками и их несовершенстве на предприятиях горной отрасли. После трагедии в шахте «Северная», Д. А. Медведев (Заместитель председателя Совета Безопасности РФ) отметил, что риски смертельного травматизма на российских шахтах достаточно высоки и не ликвидированы. При этом, на наш взгляд, очевидно, что для управления профессиональными рисками на локальном, региональном и федеральном уровнях необходимо внедрение универсальных показателей и методов прогнозирования и оценки профессиональных рисков, которые позволят ранжировать профессии, организации, виды деятельности по уровню риска, а также адекватно обосновывать управленческие решения по снижению профессиональных рисков на всех иерархических уровнях. Для этого, в первую очередь, необходимо принять единый понятийный аппарат и определить универсальную методику прогнозирования профессиональных рисков, позволяющую учитывать значимые категории производственных факторов и получать адекватные результаты с наименьшими трудовыми и финансовыми затратами.

Таким образом, целью данной работы является совершенствование процесса управления профессиональными рисками на основе формирования адекватного понятийного аппарата и выбора эффективного метода прогнозирования профессиональных рисков в горной отрасли.

Проведение исследований выполнялось авторами с использованием методов системного анализа и синтеза, а также методов классификации, сравнения и обобщения, аналитических методов анализа литературных данных, метода теоретического обобщения полученных результатов. Применение анализа позволило разложить определения терминов в области управления рисками на простые составляющие и разобраться в сущности исследуемых объектов. При помощи синтеза осуществлено соединение знаний, позволяющих сформулировать более понятные и адекватные определения терминов, упрощающие понимание процессов управления профессиональными рисками.

Результаты и их обсуждение

В российских и международных стандартах и руководствах представлены термины и определения, касающиеся как процедуры идентификации опасностей, так и непосредственно оценки рисков (табл.1).

Однако при более детальном изучении понятийного аппарата, можно выявить ряд сложностей, которые заключаются, например, в отсутствии единообразия терминов и определений, недостаточной точности и полноты формулировок и т.п. Так, например, в определении термина «Оценка риска», содержащегося в ГОСТ 12.0.010-2009, указывается понятие «показатель риска», но не дается его расшифровка, что значительно усложняет процесс понимания термина и самой процедуры оценки риска непосредственно [9]. То есть, необходимо проводить дополнительный анализ сторонних документов и материалов, с целью формирования понимания определения термина. Также, представленный в ГОСТ Р 51901.1-2002 термин «опасное событие», на наш взгляд, содержит в себе недостаточно информации [5]. Поэтому авторами

предлагаются следующие уточнения:

1. Опасное событие – происшествие, явление или действие, способные нанести вред человеку в виде травмы или ухудшения состояния здоровья, или их сочетания;

2. Оценка риска – процесс анализа и количественного выражения риска(ов), связанного(ых) с опасностью, принимающий во внимание полноту всех существующих средств управления, позволяющий установить,

Таблица 1 - Сравнительный анализ понятийного аппарата в области управления рисками T
Table 1 -Comparative analysis of the conceptual apparatus in the field of risk management

Зарубежные источники	Российские источники			
	Термин	Определение	Термин	Определение
Анализ риска		«процесс выявления и анализа потенциальных проблем, которые могут негативно повлиять на ключевые производственные процессы» [6].	Анализ риска	«систематическое использование информации для определения источников и количественной оценки риска» [5].
				«деятельность, предпринимаемая для установления пригодности, адекватности и результативности чего-либо, например процесса или процедуры, для достижения установленных целей» [29]
Идентификация опасности		«процесс признания того, что опасность существует, и определения ее характеристик» [1].	Идентификация опасности	«процесс признания существования опасности и определения ее характеристик» [3].
				«систематическая процедура обнаружения (выявления и распознавания) и описания вредных и опасных производственных факторов, которые могут привести к травмированию или заболеванию, то есть, опасностей» [29]
Инцидент		«связанное с работой событие(я), в ходе которого возникает или может возникнуть травма или ухудшение состояния здоровья (вне зависимости от их тяжести) или смерть» [2].	Инцидент	«небезопасное происшествие, связанное с работой или произошедшее в процессе работы, но не повлекшее за собой несчастного случая» [7].
				опасное происшествие и созданная им опасная ситуация, связанная с отказом или повреждением оборудования и технических устройств либо с опасным отклонением от установленного режима технологического процесса, не повлекшие за собой аварии [8]
				«событие(я), связанное(ые) с выполнением работы, в ходе или в результате которого(ых) возникают или могут возникнуть травма и иное ухудшение состояния здоровья (независимо от их тяжести) или смерть» [3].
Опасность		«источник, ситуация или действие с потенциальным вредом в виде травмы или ухудшения состояния здоровья либо их сочетания» [1.2].	Опасность	«производственный фактор, способный причинить травму или нанести иной вред здоровью человека» [7]
				«фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной травмы, острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья. В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельных факторов рабочей среды они могут стать опасными» [4, пункт 2.8]
				«источник потенциального вреда или ситуация с потенциальной возможностью нанесения вреда» [5].
				«объект, ситуация или действие, которые способны нанести вред человеку в виде травмы или ухудшения состояния здоровья, или их сочетания» [3].

Опасное событие	«событие, вызванное определенным высоким риском, или событие на рабочем месте, в соответствующей рабочей зоне, которое включает или может включать в себя воздействие события на лиц, подвергающихся риску для своего здоровья и безопасности из-за: обрушения, отказа, неисправности или повреждения изделия определенного типа и т.д.» [6].	Опасное событие	«событие, которое может причинить вред» [5].
Риск	«комбинация вероятности возникновения опасного события или воздействия(ий) и тяжести травмы или ухудшения состояния здоровья, которые могут быть вызваны данным событием или воздействием(ями)» [1. 2].	Риск	«сочетание вероятности возникновения в процессе трудовой деятельности опасного события, тяжести травмы или другого ущерба для здоровья человека, вызванных этим событием» [7].
	«сочетание вероятности возникновения связанного с работой опасного события или воздействия, и степени серьезности травмы или вреда здоровью, которые могут быть вызваны данным событием или воздействием» [9].		«сочетание (произведение) вероятности (или частоты) нанесения ущерба и тяжести этого ущерба» [5].
Оценка риска	«процесс оценивания риска(ов), связанного с опасностью, принимающий во внимание полноту всех существующих средств управления и позволяющий решить вопрос о том, является ли риск(и) приемлемым или нет» [1, 2].	Оценка риска	«сочетание вероятности того, что опасное событие произойдет или воздействие(ия) будет(ут) иметь место, и тяжести травмы или ухудшения состояния здоровья, которые могут быть вызваны этим событием или воздействием(ями)» [3].
			«процесс оценивания рисков, вызванных воздействием опасностей на работе, для определения их влияния на безопасность и сохранение здоровья работников» [7].
			«общий процесс анализа риска и оценивания риска» [5].
Приемлемый риск	«риск, сниженный до уровня, который может поддерживать организация, учитывая свои правовые обязательства и свою собственную политику в области ОЗиОБТ» [1, 2].	Приемлемый риск	«количественное или качественное определение значения показателя риска» [5].
			«процесс оценивания риска(ов), связанного(ых) с опасностями, с учетом всех существующих мер управления и принятия решения о том, является ли риск приемлемым» [3].
			«процесс оценивания риска(ов), связанного(ых) с опасностями, с учетом всех существующих мер управления и принятия решения о том, является ли риск приемлемым» [3].
			«риск, с которым в данной ситуации и на данном этапе своего развития общество считает возможным мириться в процессе своей деятельности при существующих общественных ценностях» [8]

Профессиональный риск	«совокупность вероятности и последствий определенного опасного события, совершающегося работником при выполнении своих обязанностей» [1, 2].	Профессиональный риск	«вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти застрахованного, связанная с исполнением им обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных случаях, установленных в № 125 ФЗ» [10].
			«вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных ТК РФ, другими федеральными законами» [11-12].
			«риск утраты трудоспособности или смерти пострадавшего, работавшего по найму в интересах работодателя» [8]
Уровень риска	«величина риска или совокупности рисков, выраженная в совокупности последствий и их вероятности» [13].	Уровень риска	«показатель, характеризующий величину опасности для людей и имущества в окружающей их среде» [30]
Система менеджмента ОЗиОБТ	«управление рисками представляет собой систематический процесс, который включает в себя изучение всех характеристик производственной системы, в которой работает работник, а именно рабочего места, оборудования/машин, материалов, методов работы/практики и рабочей среды» [6].	Управление профессиональными рисками	«комплекс взаимосвязанных мероприятий, являющихся элементами системы управления охраной труда и включающих в себя меры по выявлению, оценке и снижению уровней профессиональных рисков» [10].
	«часть системы менеджмента организации, используемая для разработки и реализации ее политики в области ОЗиОБТ и менеджмента ее рисков в области ОЗиОБТ» [1, 2].	Система управления профессиональными рисками	«совокупность взаимосвязанных мероприятий, являющихся элементами системы управления охраной труда и включающих в себя меры по выявлению, оценке и снижению уровней профессиональных рисков» [3].
Система классификации рисков	«набор рисков, сгруппированных вместе в рамках системы классификации рисков» [14].	Класс профессионального риска	«уровень производственного травматизма, профессиональной заболеваемости и расходов на обеспечение по страхованию, жившийся в отраслях (подотраслях) экономики» [8].

является(ются) ли риск(и) приемлемым(и) или нет и определяющий (его) их влияние на безопасность и сохранение здоровья работников;

3. Уровень риска – дискретная величина, характеризующая соотношение частоты наступления события (вероятности наступления того или иного события) и возможных последствий (ущерба) от наступления указанного события.

Данные уточнения терминов основаны на анализе российской и международной нормативной правовой базы, а также зарубежных трудов авторов, занимающихся исследованиями в области управления профессиональными рисками. По мнению д.т.н., профессора Г.З. Файнбурга, например, термин «опасное событие» не используется должным образом на практике, но

при этом крайне необходимо для описания несчастных случаев, и на него стоит обратить особое внимание [15]. Также автор отмечает, что, например, «опасное событие по Файну — это событие, нарушающее нормальное безопасное течение процесса, это точка перехода к нештатному течению процесса, точка «бифуркации» жизни, с которой может развиваться траектория событий несчастного случая, и одновременно это характеристика возможности (частоты) постоянного воздействия внезапно возникающей опасности, которое может привести, а может и не привести к несчастному случаю» [15].

В международной литературе по управлению рисками содержится ряд определений риска и связанных с ним терминов. Так, напри-

мер, в стандартах Австралии определение термина «прогнозирование риска» выражается как «вероятность наступления или изменения определенного набора опасных событий». Соответственно «прогнозирование риска – это расчет вероятности исхода события, повлиявшего на возникновение риска», а «вероятность – это показатель осуществимости того, что произойдет опасное событие» [16]. Но как было упомянуто выше, термин «опасное событие» практически не рассматривается серьезно ни в теории, ни на практике как в России, так и за рубежом.

От правильной организации процедуры оценки риска в значительной степени зависят результаты прогнозирования профессиональных рисков [17]. Под прогнозированием в современной теории следует понимать идентификацию и анализ рисков [18]. Авторами приведен краткий обзор методов прогнозирования риска. Рассмотрим основные методы прогнозирования профессиональных рисков в горной отрасли. При прогнозировании риска применяются прямые и косвенные методы (рис. 2). Выбор прямого или косвенного метода зависит от целей прогнозирования рисков, имеющегося объема статистической информации, особенностей решаемых задач, а также квалификации специалистов по охране труда, проводящих эту оценку.

На рисунке 1 представлены основные методы прогнозирования рисков, соответствующие ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска», приведены рекомендации относительно применимости методов на том или ином этапе управления и в зависимости от типа анализа [16].

В косвенных методах прогнозирования рисков для работников используются показатели, которые характеризуют отклонение контролируемых параметров от установленных норм и имеют причинно-следственную связь с рисками. Наиболее известными из косвенных методов прогнозирования риска являются метод контрольных листов («чек-листов»), метод интервью, метод использования предварительного анализа опасностей, метод анализа корневых причин происшествий, метод по индексу Элмери [19-23].

В прямых методах прогнозирования риска используется статистическая информация о выбранных показателях риска или прямых показателях ущерба (серьезные последствия несчастного случая на производстве или профессионального заболевания) и вероятности их возникновения. Если статистической информации недостаточно, используют статистические

данные для комбинированной выборки, вероятностно-статистические или экспертно-статистические методы.

1. Наиболее известными из прямых количественных методов прогнозирования риска являются метод весовых коэффициентов (балльный метод, метод показателей риска), метод Файна-Кинни, метод Байеса. Математическое моделирование и модели прогнозирования применяются для дополнения количественных методов оценки риска [19-23].

По мнению авторов, использование прямых количественных методов прогнозирования рисков не всегда возможно. В большинстве случаев они применимы, когда организация собрала данные о частоте несчастных случаев на производстве (микротравмы, профессиональные заболевания) и их тяжести.

2. Прямые качественные методы сформированы на субъективном суждении, основанном на опыте и практике экспертов. Сравнительная оценка основана на критериях, определяемых экспертами. Необходимо фиксировать четкие и понятные объяснения всех используемых терминов и принципов.

3. Прямые качественные методы прогнозирования риска включают анализ последствий или причинно-следственных связей, метод оценки влияния человеческого фактора. По мнению авторов данной работы, недостатки качественных методов заключаются в том, что они основаны на субъективных суждениях, основанных на практическом опыте. Сравнительная оценка проводится по критериям, установленным экспертным путем.

Основываясь на изучении параметров и возможностей использования качественных или количественных методов, будет справедливо рассмотреть уместность использования более универсальных методов – смешанных.

4. Смешанные методы включают в себя методы, в которых первичные оценки даются на качественном уровне, а затем идет переход к количественной оценке (в баллах). Например, матричный метод, FTA (анализ дерева отказов), ETA (анализ дерева событий), метод моделирования Монте-Карло (ММК) и т. д. [19-23]. Эти методы основаны на комплексном подходе к прогнозированию рисков, который сочетает методы количественного и качественного анализа риска. Методы являются универсальными и используются, если собрана достаточная статистическая база данных по количеству возникновения опасных явлений, а также приняты во внимание экспертные оценки тяжести и вероятности их по-

следствий [24]. Рассмотрим обзор недостатков приведенного выше перечня методов прогнозирования рисков, на основе обобщенных характеристик и их анализа (табл. 2) [26-29].

На современном этапе функционирования систем управления охраной труда невозможно говорить о существовании единого методологического подхода к прогнозированию и оценке рисков. И в силу того, что универсального метода оценки рисков нет, каждый из разработанных методов имеет свои плюсы и минусы, но все они направлены на улучшение условий труда на рабочем месте, сохранение жизни и здоровья работника. Поскольку прогнозирование является важным этапом в процессе управления рисками, а метод ММК позволяет оперативно получать вероятностный прогноз развития любого риска с использованием доступных данных об этапах

производственного процесса, статистики травматизма, аварийности и т.п., целесообразно рассмотреть его более детально. В большинстве своем ММК используется в прогнозировании для определения вероятности установленных состояний. Основным критерием выбора этого метода являются его преимущества, так как он является одним из точных методов прогноза рисков. Этот метод является надежным (свойство статистического метода, которое характеризует независимость влияния на результат исследования различных типов наблюдений) с точки зрения изменения различных параметров, таких как распределение случайных величин [29].

Модели, используемые в методе, относительно просты с научной точки зрения, и при формировании необходимой ресурсной базы для их разработки и внедрения, их можно допол-

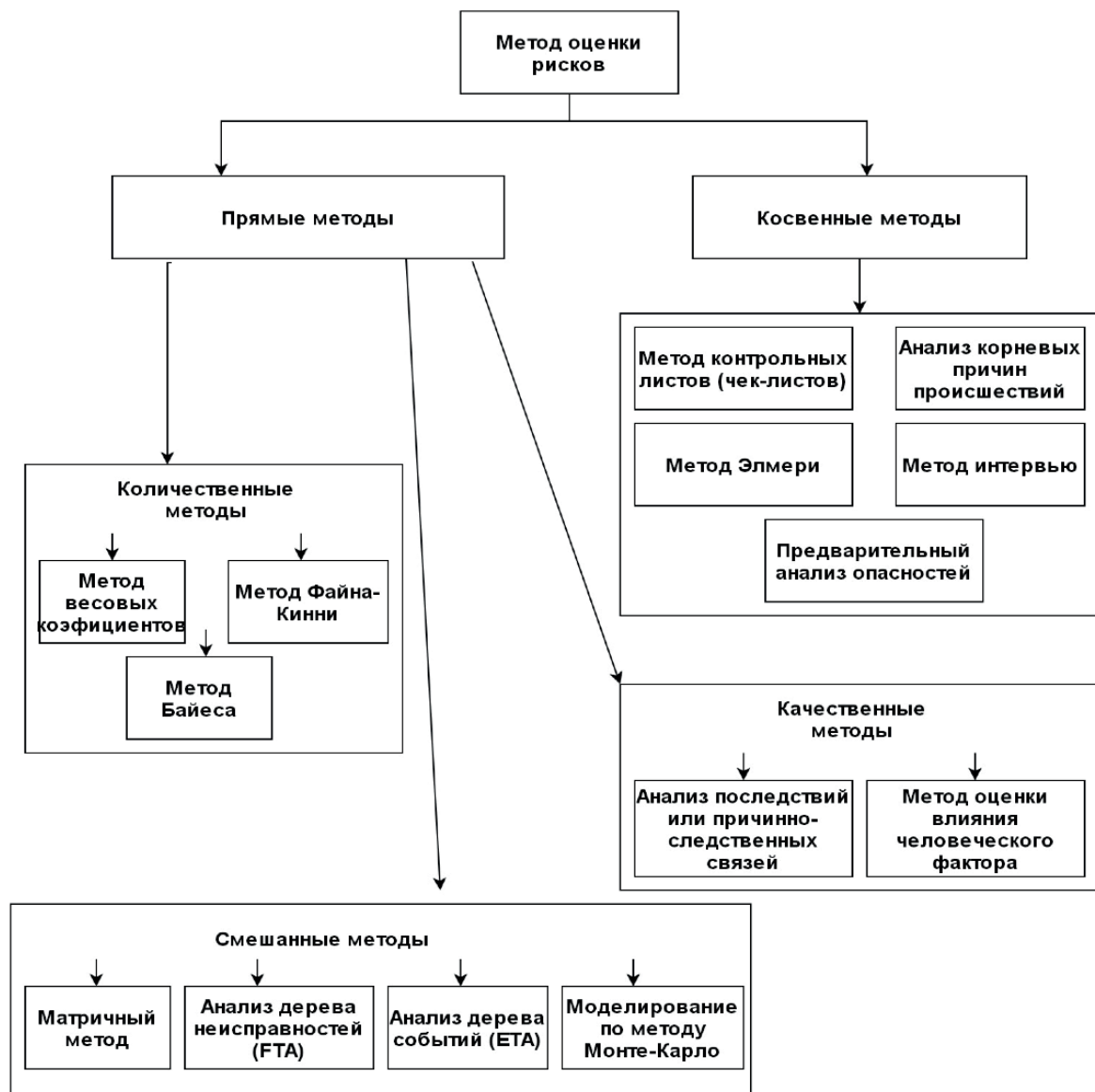


Рисунок 1 – Методы оценки рисков в горной отрасли
 Figure: 1 - Methods for assessing risks in the mining industry

Таблица 2 - Обзор недостатков методов прогнозирования рисков
Table 2 - Overview of risk forecast method shortcomings

№	Метод	Недостатки
1. Примеры косвенных методов оценки рисков		
1.1	Метод контрольных листов («чек-листов»).	- стандартная форма идентификации риска, не отображает специфику горной отрасли; - вопросы могут быть составлены некомпетентно, из-за неквалифицированного опроса, не выявляет опасные источники.
1.2	Метод интервью	- информация может не восприниматься на слух, соответственно ответ может нести в себе искаженную информацию; - план интервью трудоемкий и временно-затратный процесс; - практически нет возможности работать по шаблону, приходится заново разрабатывать некоторые фрагменты текстов и планов интервью; - требуется значительное количество времени на апробацию мнений.
1.3	Метод использования предварительного анализа опасностей (РНА)	- предоставляется только первичная информация о рисках.
1.4	Метод анализа корневых причин происшествий	- рассматривает один источник проблемы, не затрагивая все причины, приводящие к возникновению опасных происшествий.
1.5	Метод наблюдения за производственной средой (метод Элмери)	- затруднительно использовать при наблюдении больших совокупностей происшествий; - получение качественного, а не количественного характера выводов; - сложность, а порой и невозможность повторения наблюдения; - невозможно определить, какой именно первоначальный фактор или факторы являются основной причиной повышенного риска.
2. Примеры прямых количественных методов оценивания рисков		
2.1	Метод весовых коэффициентов (балльный метод, метод показателей риска)	- весовые коэффициенты выбираются субъективно и при незначительном отклонении от достоверного выбора можно наблюдать существенное изменение функции.
2.2	Метод Файна - Кинни	- субъективность при проведении оценки.
2.3.	Метод Байеса	- определение всех взаимодействий для сложных систем не всегда выполнимо; - подход требует знания множества условных вероятностей, которые обычно получают экспертными методами.
3. Примеры прямых качественных методов оценивания рисков		
3.1	Анализ последствий или причинно-следственных связей	- применяются для выявления отдельных типов отказов, но не их сочетаний; - требуется значительное количество времени на рассмотрение всех сбоев, которые даже не опасны; - трудоемкий и длительный анализ в отношении сложных систем.
3.2	Метод оценки влияния человеческого фактора	- сложность и разнообразие психологических, поведенческих, физиологических и компетентностных характеристик человеческого организма и личности работника, которые затрудняют выявление простых типов опасностей и рисков; - нет четкого набора строго правильных/неправильных действий, что обуславливает затруднения в оценке риска.
4. Примеры прямых смешанных методов оценивания рисков:		
4.1	Матричный метод	- необходимо, чтобы в результате оценки прогнозирования полученная матрица соответствовала рассматриваемой ситуации; - применяется в качестве средства предварительной оценки; - применение таких подходов требует наличия всех имеющихся данных для обоснования экспертных суждений о значимости (тяжести) последствий и возможности (вероятности) возникновения опасных ситуаций и воздействия опасностей на организм человека.

4.2	Метод анализа дерева неисправностей (FTA)	<ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень неопределенности в случаях, когда вероятности события отказа точно не известны; - в некоторых случаях затруднительно определить, приняты ли во внимание все существенные риски конечного события; - фактор времени не учитывается; - требуется значительное количество времени и средств на реализацию.
4.3	Анализ дерева событий (ETA)	<ul style="list-style-type: none"> - реализация метода эффективна в совокупности только с другими методами, так как необходимо идентифицировать все возможные исходные события; - затруднительно учесть отложенные нарушения исправного состояния или события восстановления системы.
4.4	Метод моделирования Монте-Карло (ММК)	<ul style="list-style-type: none"> - точность решений зависит от количества операций, которые могут быть выполнены, что позволяет не оценивать риск, а только его прогнозировать; - большие и сложные модели могут представлять трудности при их моделировании.

нять и расширять, независимо от источника их возникновения или поступления. То есть использование ММК основано на получении множества реализаций стохастического процесса, в каждой из которых его вероятностные составляющие заменяются их случайными реализациями. Последующий анализ полученных реализаций позволяет получить статистическую информацию о вероятностном поведении стохастического процесса. При каждой реализации случайным образом выбираются значения стохастических элементов модели – ошибки в заданных условиях протекания, например технологического процесса. На основе этих ошибок создается детерминированный прогноз.

Полученная оценка вероятности зависит от количества реализаций, используемых для прогнозирования, и приближается к истинному значению по мере увеличения количества реализаций. Учитывая, что современные подходы к управлению рисками предъявляют все более жесткие требования к точности прогнозирования, задача прогнозирования ММК усложняется одновременно с развитием информационных технологий. Эта проблема решается путем создания модели прогнозирования ММК, адекватно описывающей изучаемый процесс. Точность прогноза может быть оценена путем сравнения оценок вероятности модели с частотой опасных событий.

Сущность применения метода Монте-Карло заключается в определении результатов на основании данных статистики, получаемых к моменту принятия некоторого решения. Поэтому достоверность результатов, получаемых при использовании метода Монте-Карло, решающим образом определяется качеством генератора

случайных чисел.

Для получения случайных чисел на ЭВМ используются способы генерирования, которые обычно основаны на многократном повторении некоторой операции. Полученной таким образом последовательности более соответствует название псевдослучайных чисел, поскольку генерируемая последовательность является периодической и, начиная с некоторого момента, числа начнут повторяться.

Рассмотрим простейшую систему технологического процесса, которая состоит из определенного количества операций (таблица 3).

Рассмотрим пример расчета прогнозирования опасных событий и вероятностей рисков их возникновения в технологическом процессе при проведении горных выработок в горной отрасли. Проведем расчет для 6 технологических операций:

1. Оборка отслоившихся кусков угля и породы с боков и кровли выработки из закрепленного постоянной крепью пространства;
2. Бурение шпуров;
3. Заряжание;
4. Уборка породы;
5. Установка предохранительной крепи;
6. Установка постоянной крепи.

Экспертным методом в ходе исследования документации предприятий горной отрасли 3 первых операции были определены с вероятностью возникновения 0,51, а три последних операции с вероятностью возникновения 0,68. Методом машинной имитации определим вероятность того, сколько всего может произойти опасных событий во время технологического процесса.

Авторами были спрогнозированы риски

Таблица 3 - Основные операции при проведении горных выработок
Table 3 - Basic operations during mine working heading

№	Описание	Опасный фактор	Общие требования безопасности
1	2	3	4
1.	Технологические процессы при проведении горных выработок	-	1. при превышении установленных норм содержания метана и углекислого газа бригадир (звеньевой), лицо инженерно-технического надзора обязан снять напряжение с кабеля, питающего забойные машины и механизмы, остановить работы, вывести людей на свежую струю в безопасное место и немедленно сообщить горному диспетчеру; 2. работать без аппаратуры контроля количества воздуха и переносных приборов автоматического и периодического контроля содержания метана или при их неисправности; 3. работа комбайна, погрузочной машины, конвейеров при отсутствии: орошения и других средствах пылеподавления, средств пожаротушения, освещения, предупредительной сигнализации, заземлении, нарушении вентрирования; 4. проведение выработки при отсутствии водяных и сланцевых заслонов; 5. хождение лиц у мест разгрузки материалов и оборудования, не связанных с этими работами; 6. использование погрузочных машин в качестве полка при возведении крепи выработки и оборке отслоившихся кусков угля и породы; 7. устанавливать под плоскую кровлю арочную крепь; 8. изготовление стандартных рамных крепей в шахтных условиях.
1.1	Оборка отслоившихся кусков угля и породы с боков и кровли выработки из закрепленного постоянной крепью пространства	– угольная пыль может попасть в глаз. Вероятность более 51 %	
1.2	Бурение шпуров	– угольная пыль может попасть в глаз. - вывал породы. -опасность взрыва. Вероятность более 51 %	
1.3	Заряжание	Поражения электротоком, падение людей Вероятность более 51 %	
1.4	Уборка породы	При уборке породы, оформлении забоя и креплении происходит более 68% обрушений - обрушения и вывалы	
1.5	Установка предохранительной крепи	При уборке породы, оформлении забоя и креплении происходит более 68% обрушений - обрушения и вывалы	
1.6	Установка постоянной крепи	При уборке породы, оформлении забоя и креплении происходит более 68% обрушений - обрушения и вывалы	

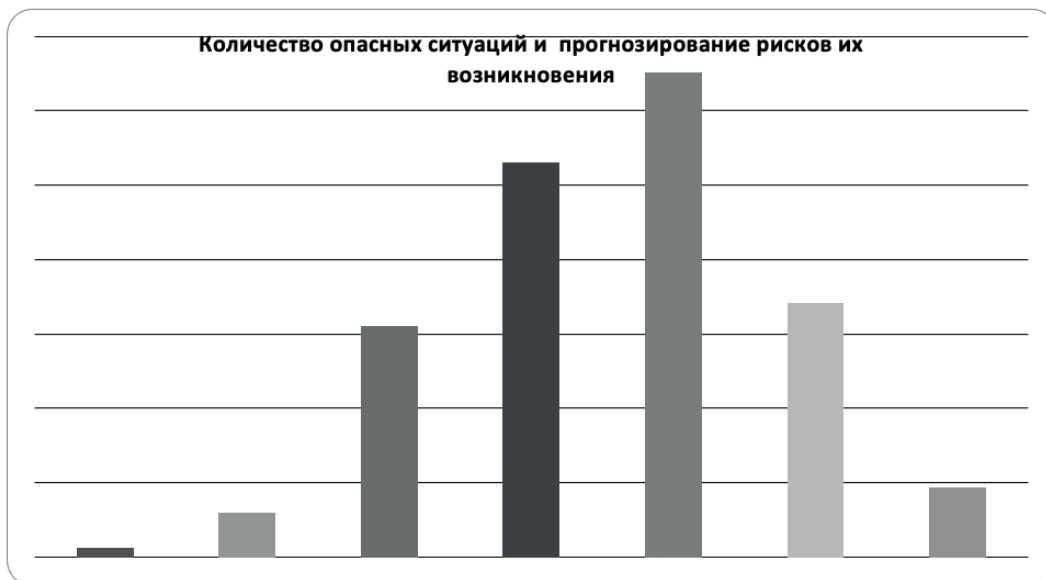


Рисунок 2 – Основные операции при проведении горных выработок и риск их возникновения
Figure: 2 - Basic operations during mine workings and the risk of their occurrence

по 6 технологическим операциям. Все исходные данные для удобства формируются в таблице Microsoft Excel. Исходные значения основных операций при проведении горных выработок возможно получить путем выполнения функции «Генерация случайных чисел», выбираем псевдослучайные числа на интервале от 0 до 1 (6 случайных чисел). Авторами было выполнено 1000 генераций для получения более точной оценки. Важно отметить, что, используя метод Монте-Карло, представляется возможным имитировать порядка 10 000 значений для получения еще более высокой точности. Далее авторами был проведен расчет с помощью имитационного моделирования частоты и вероятности возникновения на каждую операцию, результаты которого отражены на рисунке 2.

По результатам анализа полученных значений авторами было выявлено, что в ходе технологического процессе при проведении горных выработок в горной отрасли существует вероятность возникновения опасных ситуаций при проведении 4-ой технологической операции «уборка породы» с вероятностью порядка 33%. Данное значение представляет содержательную оценку риска. Дальнейший анализ показывает наличие 27%-ной вероятности того, что возникнет опасность при 3-ей технологической операции «зарядка». Риск возникновения 5-ой технологической операции «установка предохранительной крепи» равен 15%, 2-ой технологической операции «бурение буров» равен 17%. А самый низкий риск возникновения у 6-ой технологической операции равен 5% и у 1-ой технологической операции равен 3%. Однако полное отсутствие рисков практически исключено.

Это показывает силу метода Монте-Карло, позволяющего с высокой точностью при увеличении количества генерации значений спрогнозировать вероятность возникновения опасной ситуации, включив в нее больше информации.

Заключение

Подводя итоги, следует отметить, что для повышения эффективности принятия решений в области управления профессиональными рисками, необходимо определить единый понятийный аппарат, характеризующийся одно-

значностью, применимостью, соразмерностью с понятием. Для этого авторами был проведен анализ понятийного аппарата в области управления профессиональными рисками и определены термины, по мнению авторов, наиболее адекватные, понятные и содержательные для применения в горной отрасли. Также авторами выделены принципиальные различия в понятиях анализа и прогнозирования рисков, позволяющие охарактеризовать их как компоненты процесса управления рисками. Анализ рисков представляет собой процесс развития понимания каждого из рисков, выявленных на этапе идентификации рисков и помогает определить параметры потенциальных рисков, а также их возможные последствия. Оценка же является завершающим этапом анализа, и приводит к количественному выражению риска и/или какому-либо решению, то есть позволяет количественно сравнить несколько проанализированных объектов, установить значимость явления. Данное разделение понятий, на наш взгляд, является важным шагом на пути к пониманию процедур управления профессиональными рисками и внедрения более современных подходов и методов прогнозирования и оценки рисков. Для выявления эффективных методов прогнозирования профессиональных рисков авторами был проведен анализ наиболее распространенных методов, показавший их недостатки и преимущества.

В условиях особенностей горного риска, в сравнении с другими отраслями, возрастает актуальность использования стохастических методов прогнозирования рисков, одним из которых является ММК. Указанный метод позволяет учесть максимально возможное число факторов, влияющих на риск в горной отрасли, для принятия управленческих решений по минимизации риска, что характеризует ММК как мощное средство, используемое для анализа рисков. Используемые модели ММК в данной отрасли прозрачные и понятные, что повышает доверие к этому методу. ММК позволяет достичь необходимой точности прогнозируемых рисков на основе увеличения числа реализаций, используемых для построения прогноза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. OHSAS 18001:2007 «Occupational Health and Safety management systems — Requirements» / Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) Standard.
2. Руководство по системам управления охраной труда (МОТ-СУОТ 2001) / (ILO-OSH 2001). Женева : МОТ, 2003. 28 с.
3. ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007. Системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда. Требования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094433> (дата обращения: 07.07.2020)
4. ГОСТ 12.0.230-2007 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200052851> (дата обращения: 07.07.2020)

5. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем (с Поправкой). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200030153> (дата обращения: 07.07.2020)
6. Occupational Health and Safety Act (R.S.O. 1990, с. О.1). (2016) URL: <https://www.ecolex.org/details/legislation/occupational-health-and-safety-act-rso-1990-c-o1-lex-faoc133214/> (дата обращения: 07.07.2020)
7. ГОСТ Р 12.0.010-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков (Переиздание) URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080860> (дата обращения: 07.07.2020)
8. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200125989>
9. Международный (зарубежный) стандарт ИСО 45001:2018 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению/ ISO 45001-2018 Occupational health and safety management systems - requirements with guidance for use
10. Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 N 125-ФЗ URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19559/ (дата обращения: 07.07.2020)
11. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.05.2020) URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19559/ (дата обращения: 07.07.2020)
12. ГОСТ Р 12.0.011-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Методы оценки и расчета профессиональных рисков работников железнодорожного транспорта URL: <http://docs.cntd.ru/document/556323222> (дата обращения: 07.07.2020)
13. J. Read, P. Stacey (Eds.) Risk management. Guidelines for Open Pit Design, CSIRO Publishing, Melbourne (2009), pp. 381-400
14. Standard of Practice Actuarial Standard of Practice № 12 Risk Classification (for All Practice Areas) (2006) URL: <http://www.actuarialstandardsboard.org/asops/risk-classification-practice-areas/> (дата обращения: 07.07.2020)
15. Международный стандарт ISO 31000:2009 Менеджмент рисков. Принципы и руководящие указания / International Standard ISO 31000 Risk management — Principles and guidelines URL: http://iso-iran.ir/standards/iso/ISO_31000_2009_%2C_Risk_Management.pdf (дата обращения: 07.07.2020)
16. Файнбург, Г.З Методы оценки профессионального риска и их практическое применение (от метода Файна-Кинни до наших дней) // Безопасность и охрана труда, – 2020. – 2 (83) , – С. 25-41
17. ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200170253> (дата обращения: 07.07.2020)
18. ГОСТ 12.0.230.4-2018 Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200160464>
19. Edwin T.Brown. Risk assessment and management in underground rock engineering—an overview. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2015), 4(3), pp 193-204.
20. Risk management – Risk assessment techniques: ISO / IEC 31010 : 2009. It is commissioned 2009-10-09. – Geneva : IEC, 2009. – 92 p.
21. Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis : IEC 60812 : 2006. It is commissioned 2006-01-01. – Geneva : IEC, 2006. – 54 p.
22. Environmental Risk Management – Principles and Process: HB 203 : 2006. It is commissioned 2006-02-24. – Sydney: Standards Australia International; Wellington N.Z.: Standards New Zealand. –2006. – 98 p.
23. Fault tree analysis : IEC 61025 : 2006. It is commissioned 2006-12-13. – Geneva : IEC. – 58 p.
24. Hazard and operability studies (HAZOP studies). Application guide : IEC 61882 : 2001. It is commissioned 2001-05-01. – Geneva: IEC. – 64 p.
25. HSE - Health and Safety Executive, Risk management URL: <http://www.hse.gov.uk/risk/index.htm> (дата обращения: 07.07.2020)
26. Barreras, A. J. Risk management: Monte Carlo simulation in cost estimating. Paper presented at PMI® Global Congress 2011—North America, Dallas, TX. Newtown Square, PA: Project Management Institute (2011).
27. Leveson, N. G. Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety. Cambridge, MA: MIT Press (2011).
28. . Lintern, G. A comparison of the decision ladder and the recognition-primed decision model. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, (2010), 4(4), 304-327.
29. McDermott, R. E., Mikulak, R. J., Beauregard, M. R., Ebooks, C. The basics of FMEA. New York, NY: CRC Press (2009).
30. ГОСТ 12.0.230.5-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200160465> (дата обращения: 07.07.2020)
31. ГОСТ Р 50776-95. ((МЭК 60839-1-4:1989)*) Системы тревожной сигнализации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50776-95> (дата обращения: 12.07.2020)

REFERENCES

1. OHSAS 18001:2007 «Occupational Health and Safety management systems — Requirements» / Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) Standard [in English].
2. Rukovodstvo po sistemam upravleniya okhrany truda [Occupational Safety and Health Management Systems Manual (ILO-OSH 2001)]. Geneva: ILO (2003) [in English].
3. GOST R 54934-2012/OHSAS 18001:2007. Sistemy menedzhmenta okhrany zdorov'ya i obespecheniya bezopasnosti truda. Trebovaniya [GOST R 54934-2012 / OHSAS 18001: 2007. Occupational health and safety management systems. Requirements]. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200094433> [in Russian].
4. GOST 12.0.230-2007 Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Sistemy upravleniya okhrany truda [GOST 12.0.230-2007 Occupational Safety Standards System (SSBT). Occupational safety management systems. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200052851> [in Russian].
5. GOST R 51901.1-2002 Menedzhment riska. Analiz riska tekhnologicheskikh sistem (s Popravkoy) [GOST R 51901.1-

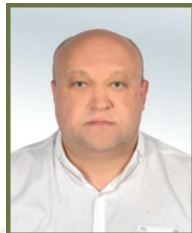
- 2002 Risk management. Technological Systems' Risk Analysis (with Amendment). Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200030153> [in Russian].
6. Occupational Health and Safety Act (R.S.O. 1990, c. O.1). (2016) Retrieved from: <https://www.ecolex.org/details/legislation/occupational-health-and-safety-act-rso-1990-c-o1-lex-faoc133214/> [in English].
 7. GOST R 12.0.010-2009 Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Sistemy upravleniya okhranoy truda. Opredeleniye opasnostey i otsenka riskov [GOST R 12.0.010-2009 Occupational Safety Standards System (SSBT). Occupational safety management systems. Hazard identification and risk assessment]. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200080860> [in Russian].
 8. GOST 12.0.002-2014 Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Terminy i opredeleniya [GOST 12.0.002-2014 Occupational Safety Standards System (SSBT). Terms and Definitions]. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200125989> [in Russian].
 9. Mezhdunarodnyy (zarubezhnyy) standart ISO 45001:2018 Sistemy menedzhmenta bezopasnosti truda i okhrany zdorov'ya. Trebovaniya i rukovodstvo po primeneniyu [International (foreign) standard ISO 45001:2018 Occupational safety and health management systems. ISO 45001-2018]. [in Russian].
 10. Federal'nyy zakon «Ob obyazatel'nom sotsial'nom strakhovanii ot neschastnykh sluchayev na proizvodstve i professional'nykh zabolevaniy» ot 24.07.1998 N 125-FZ [Federal Law "On Compulsory Social Insurance Against Industrial Accidents and Occupational Diseases" dated July 24, 1998 N 125-FZ. Retrieved from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19559/ [in Russian].
 11. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii" ot 30.12.2001 N 197-FZ (red. ot 25.05.2020) [Labor Code of the Russian Federation "from 30.12.2001 N 197-FZ (revised from 25.05.2020) Retrieved from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19559/ [in Russian].
 12. GOST R 12.0.011-2017 Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Metody otsenki i rascheta professional'nykh riskov rabotnikov zheleznodorozhnogo transporta [GOST R 12.0.011-2017 Occupational Safety Standards System (OSSS). Methods for assessing and calculating the occupational risks of railway workers. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/556323222> [in Russian].
 13. J. Read, P. Stacey (Eds.) (2009). Risk management. Guidelines for Open Pit Design, CSIRO Publishing, Melbourne pp. 381-400 [in English].
 14. Standard of Practice Actuarial Standard of Practice № 12 Risk Classification (for All Practice Areas) (2006). Retrieved from: <http://www.actuarialstandardsboard.org/asops/risk-classification-practice-areas/> [in English].
 15. Mezhdunarodnyy standart ISO 31000:2009 Menedzhment riskov. Printsipy i rukovodyashchiye ukazaniya [International Standard ISO 31000 Risk management - Principles and guidelines Retrieved from: http://iso-iran.ir/standards/iso/ISO_31000_2009_%2C_Risk_Management.pdf [in Russian].
 16. Fainburg, G.Z. (2020). Metody otsenki professional'nogo riska i ikh prakticheskoye primeneniye (ot metoda Fayna-Kinni do nashikh dnei) [Professional risk assessment methods and their practical application (from the Fine-Kinney method to the present day)]. Bezopasnost' i okhrana truda – Safety and Labor Protection, 2 (83), 25-41 [in Russian].
 17. GOST R 58771-2019 «Menedzhment riska. Tekhnologii otsenki riska» [GOST R 58771-2019 "Risk management. Risk Assessment Technologies" Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200170253> [in Russian].
 18. GOST 12.0.230.4-2018 Sistemy upravleniya okhranoy truda. Metody identifikatsii opasnostey na razlichnykh etapakh vypolneniya rabot [GOST 12.0.230.4-2018 Occupational safety management systems. Methods for identifying hazards at various stages of work execution. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200160464> [in Russian].
 19. Edwin T. Brown. (2015). Risk assessment and management in underground rock engineering—an overview. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 4(3), pp 193-204 [in English].
 20. Risk management – Risk assessment techniques: ISO / IEC 31010 : 2009. It is commissioned 2009-10-09. – Geneva : IEC, 2009. – 92 p. [in English].
 21. Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis : IEC 60812 : 2006. It is commissioned 2006-01-01. – Geneva : IEC, 2006. – 54 p. [in English].
 22. Environmental Risk Management – Principles and Process: HB 203 : 2006. It is commissioned 2006-02-24. – Sydney: Standards Australia International; Wellington N.Z.: Standards New Zealand. –2006. – 98 p. [in English].
 23. Fault tree analysis: IEC 61025 : 2006. It is commissioned 2006-12-13. – Geneva: IEC. – 58 p. [in English].
 24. Hazard and operability studies (HAZOP studies). Application guide : IEC 61882 : 2001. It is commissioned 2001-05-01. – Geneva: IEC. – 64 p. [in English].
 25. HSE - Health and Safety Executive, Risk management. Retrieved from: <http://www.hse.gov.uk/risk/index.htm> [in English].
 26. Barreras, A. J. (2011). Risk management: Monte Carlo simulation in cost estimating. Paper presented at PMI® Global Congress 2011—North America, Dallas, TX. Newtown Square, PA: Project Management Institute [in English].
 27. Leveson, N. G. (2011). Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety. Cambridge, MA: MIT Press [in English].
 28. Lintern, G. (2010). A comparison of the decision ladder and the recognition-primed decision model. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 4(4), 304-327 [in English].
 29. McDermott, R. E., Mikulak, R. J., Beauregard, M. R., Ebooks, C. (2009). The basics of FMEA. New York, NY: CRC Press [in English].
 30. GOST 12.0.230.5-2018 Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Sistemy upravleniya okhranoy truda. Metody otsenki riska dlya obespecheniya bezopasnosti vypolneniya rabot [GOST 12.0.230.5-2018 Occupational Safety Standards System (OSSS). Occupational safety management systems. Risk assessment methods to ensure the safety of work. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200160465> [in Russian].
 31. GOST R 50776-95. ((MEK 60839-1-4:1989)*) Sistemy trevozhnoy signalizatsii [GOST R 50776-95. ((IEC 60839-1-4:1989) *) Alarm systems. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50776-95> [in Russian].

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



В.С. Бабков //V.S. Babkov
babkov@zavkomepc.com

Старший эксперт ООО «Второе Дыхание», Россия, 392030, г. Тамбов, ул. Урожайная, д.2д Senior Expert, LLC "Second Breath", Russia, 392030, Tambov, st. Urozhainaya, 2d.



С.Б. Путин //S.B. Putin
putins@mail.ru

канд. техн. наук, доктор экон. наук, доцент, почетный химик РФ, лауреат государственной премии и премии правительства РФ в области науки и техники, директор по развитию ООО «Второе Дыхание», Россия, 392030, г. Тамбов, ул. Урожайная, д.2д
Candidate of Technical Sciences, Doctor of Economics, Associate Professor, Honorary Chemist of the Russian Federation, Laureate of the State Prize and the Prize of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology, Development Director of LLC "Second Breath", Russia, 392030, Tambov, st. Urozhainaya, 2d.



В. Н. Костеренко //
V.N. Kosterenko
KosterenkoVN@suek.ru

канд. физ.-мат. наук, начальник управления противоаварийной устойчивости предприятий АО «СУЭК», Россия, 115054, г. Москва
science candidate in Physics and Mathematics, JSC "SUEK" Enterprises Emergency Stability Department Head, 115054, Moscow, Russia

УДК 622.8:331.453

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОДОЛЖЕНИЯ ДЫХАНИЯ В ИЗОЛИРУЮЩЕМ САМОСПАСАТЕЛЕ С ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННЫМ КИСЛОРОДОМ ПОСЛЕ ПЕРЕРЫВА В ЕГО РАБОТЕ

THE STUDY OF CONTINUING BREATHING IN SELF-CONTAINED SELF-RESCUER WITH CHEMICALLY BOND OXYGEN AFTER THE INTERRUPTION OF ITS WORK

В статье кратко изложена часть результатов НИР, выполненной ООО «Второе Дыхание» по заданию АО «СУЭК». Предметом исследований был шахтный самоспасатель на химически связанном кислороде и его способность продолжать работу после повторного включения. Проведен анализ параметров, влияющих на возможность продолжения работы в самоспасателе после перерыва. Исследованы границы параметров, внутри которых самоспасатель продолжал работать, после повторного включения. Проведен анализ полученных результатов и сделаны выводы, которые направлены на повышение защищенности горнорабочих и на совершенствование шахтных самоспасателей на химически связанном кислороде. Также даны рекомендации и предложения, которые могут быть использованы при подготовке и обучении пользователей самоспасателей.

The article summarizes a part of the research results carried out by LLC "Second Breath" the order of JSC "SUEK". The subject of research was a mine self-rescuer with chemically bound oxygen and its ability to continue working after being switched on again. The analysis of parameters influencing the possibility of continuing work in the self-rescuer after a break is carried out. The boundaries of the parameters, within which the self-rescuer continued to work, after restarting, were investigated. The obtained results analysis is carried out and conclusions are drawn, that are aimed at increasing the miners' safety and at improving mine self-rescuers using chemically bound oxygen. Also, recommendations and suggestions are given that can be used in self-rescuer users' preparation and training.

Ключевые слова: ШАХТНЫЙ САМОСПАСАТЕЛЬ, ШАХТА, ЗАГУБНИК, ВРЕМЯ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ, РЕСУРС САМОСПАСАТЕЛЯ, ИМИТАТОР ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА,

ИСКУССТВЕННЫЕ ЛЕГКИЕ, ВКЛЮЧЕНИЕ В САМОСПАСАТЕЛЬ, ВЫКЛЮЧЕНИЕ ИЗ САМОСПАСАТЕЛЯ, ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННЫЙ КИСЛОРОД, ГАЗОВАЯ ДЫХАТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ, ЛЕГОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ, ЧАСТОТА ДЫХАНИЯ, ДЫХАТЕЛЬНЫЙ МЕШОК, СОПРОТИВЛЕНИЕ ДЫХАНИЮ, РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПРОДУКТ.

Key words: MINE SELF-RESCUER, MINE, MOUTHPIECE, PROTECTIVE TIME, SELF-RESCUER RESOURCE, HUMAN EXTERNAL RESPIRATION SIMULATOR, ARTIFICIAL LUNGS, INCLUSION IN A SELF-RESCUER, SHUTDOWN FROM A SELF-RESCUER, CHEMICALLY BOUND OXYGEN, BREATHING GAS MIXTURE, LUNG VENTILATION, RESPIRATORY RATE, BREATHING BAG, BREATHING RESISTANCE, REGENERATIVE PRODUCT.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из ключевых условий сохранения жизни человеком, оказавшимся в шахте, в среде, непригодной для дыхания, является своевременное и правильное применение шахтного самоспасателя изолирующего типа (ШС). Согласно требованиям [1]:

- работники шахты и подрядных организаций, занятые на работах в горных выработках шахты, должны быть обеспечены постоянно закрепленными за ними самоспасателями, головными светильниками и техническими устройствами определения местоположения, аварийного оповещения, поиска и обнаружения;

- работникам шахты, подрядных организаций, чья деятельность связана с посещением шахты (как и вообще всем, кто спускается в шахту), в горных выработках запрещается нахождение без самоспасателей, головных светильников и технических устройств определения местоположения, аварийного оповещения, поиска и обнаружения.

Согласно требованиям [1] на шахтах разрабатываются планы ликвидации аварий (ПЛА), определяющие порядок действий по спасению людей и ликвидации аварий в начальный период возникновения и предупреждения ее развития. В качестве мероприятий ПЛА по спасению людей заранее определяются маршруты запасных выходов людей в безопасное место (в выработки со свежей струей воздуха или на поверхность).

Анализ ПЛА показывает, что при авариях люди в ШС при движении по маршрутам до сопряжения с горной выработкой, проветриваемой свежей струей воздуха, могут находиться в задымленных выработках значительно меньшее время, чем время защитного действия (ВЗД) их изолирующих самоспасателей: от 5 до 20 мин против 60 и более минут. Дальнейшая эвакуация персонала на поверхность по горным выработкам, проветриваемым свежей струей воздуха, может занимать более 1 ч, и все это время человек фактически нарушает требования [1], находясь в шахте без самоспасателя, поскольку после выключения из него, самоспасатель счи-

тается использованным.

В настоящее время в эксплуатационных документах (например [2, 3]) на ШС отечественного и зарубежного производства указывается, что при их использовании запрещается:

- извлекать загубник изо рта и снимать носовой зажим в загазованной зоне;
- подсасывать атмосферный или рудничный воздух до выхода на свежую струю;
- допускать обжатие дыхательного мешка руками или за счет контакта с окружающими предметами во избежание нехватки газовой дыхательной смеси на вдох;
- повторно включаться в использованный самоспасатель.

При этом использованным считается самоспасатель, из которого выключился (прекратил использовать по назначению) горнорабочий в шахте независимо от продолжительности первоначального включения.

Безоговорочный запрет на повторное включение связан с отсутствием исследований о сохранении защитных функций самоспасателя после паузы в работе и, следовательно, с отсутствием оснований для определения длительности перерыва в работе самоспасателя, не приводящего к полной невозможности выполнения им задачи защиты органов дыхания человека.

Однако опыт эксплуатации самоспасателей на объектах, связанных с проведением подземных горных работ, показывает, что имеют место случаи, когда пользователь роняет загубник в результате падения, зацепления за выступающие предметы в условиях плохой видимости либо извлекает загубник самостоятельно из-за необходимости подать сигнал или команду голосом или из-за скопления во рту слюны, першения в горле, кашля, рвоты и прочего. Формально после этого включаться в самоспасатель повторно пользователю запрещено.

В настоящей статье рассматривается возможность повышения эффективности применения ШС в нештатных ситуациях, связанных с произвольным или непроизвольным временным выключением человека из самоспасателя и по-

вторным включением в него. В статье кратко изложены результаты части НИР, выполненной ООО «Второе Дыхание», г. Тамбов по заданию АО «СУЭК», г. Москва в 2019 г. В рамках этой НИР решены задачи по проведению исследований образцов самоспасателей ШСС-ТМ и установлена потенциальная возможность продолжения дыхания в самоспасателе после перерыва в работе, а также определены границы этой возможности.

МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований были выбраны ШС типа ШСС-ТМ, которые широко представлены на российском рынке и имеют положительные отзывы пользователей. При проведении работы было использовано 75 новых ШСС-ТМ.

Выбранная методика исследования возможности повторного включения в самоспасатель после паузы в работе базируется на известном и общепринятом методе проверки качества изолирующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) – динамических испытаниях на установках типа «Искусственные легкие». Преимуществом таких испытаний являются: строго определенный стабильный режим работы, объективность и воспроизводимость результатов. Схема установки для проведения испытания представлена на рисунке 1.

Поскольку все основные показатели изолирующих самоспасателей (время защитного действия, эргономические характеристики) нормируются применительно к испытаниям на имитаторе дыхания, то результаты, полученные при проведении испытаний в рамках настоящей работы, могут легко интерпретироваться специалистами и использоваться при прогнозировании поведения других моделей ШС и изолирующих

СИЗОД на химически связанном кислороде в аналогичных условиях.

Для проведения испытаний выбран режим легочной вентиляции и подачи диоксида углерода, соответствующий номинальному режиму по ГОСТ 12.4.292-2015, который наиболее часто используется для технического контроля качества ШС как наиболее отвечающий условиям дыхания горнорабочего при выходе в самоспасателе из аварийного участка [4,5].

Для проведения динамических испытаний самоспасателей при выполнении данной работы использовался аттестованный стенд имитации внешнего дыхания (ИВД) «ОКСИ РОБОТ 4.0/85», производства ООО "Второе Дыхание", г. Тамбов. Так как он являлся основным инструментом при проведении исследований, то дадим его краткое описание.

ИМИТАТОР ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Существует несколько основ для конструкций ИВД - это мембраны, поршни, меха и сильфон. Все они имеют свои достоинства и недостатки, которые хорошо известны [4,6-12]. Как правило, все известные ИВД вполне качественно обеспечивают режимы, заданные в существующих стандартах, но не предоставляют пользователям достаточные возможности для исследований и проверки параметров изолирующих дыхательных аппаратов (ИДА) в условиях переменной нагрузки (изменение частоты и глубины дыхания) или отличающихся от стандартных. Например, у существующих ИВД нет возможности повторения пневмотахограмм (спирограмм), записанных у конкретного человека, а соответственно нет возможности проверить ИДА в условиях эксплуатации, приближенных к реальным.

«ОКСИ-РОБОТ» является инновационной

Таблица 1 - Характеристики ШСС-ТМ.
Table 1 - Characteristics of SHSS-TM.

ВЗД, мин, не менее, при нагрузке: - в покое (ЛВ 10 дм ³ /мин) - средней тяжести (ЛВ 35 дм ³ /мин) - тяжелой (ЛВ 70 дм ³ /мин)	260
	60
	18
Температура вдыхаемой газовой дыхательной смеси (ГДС), °С, не более	55
Соппротивление дыханию, Па, не более при нагрузке: - средней тяжести - тяжелой	980
	1960
Габаритные размеры, мм	113×146×245
Масса, кг, не более	3,0

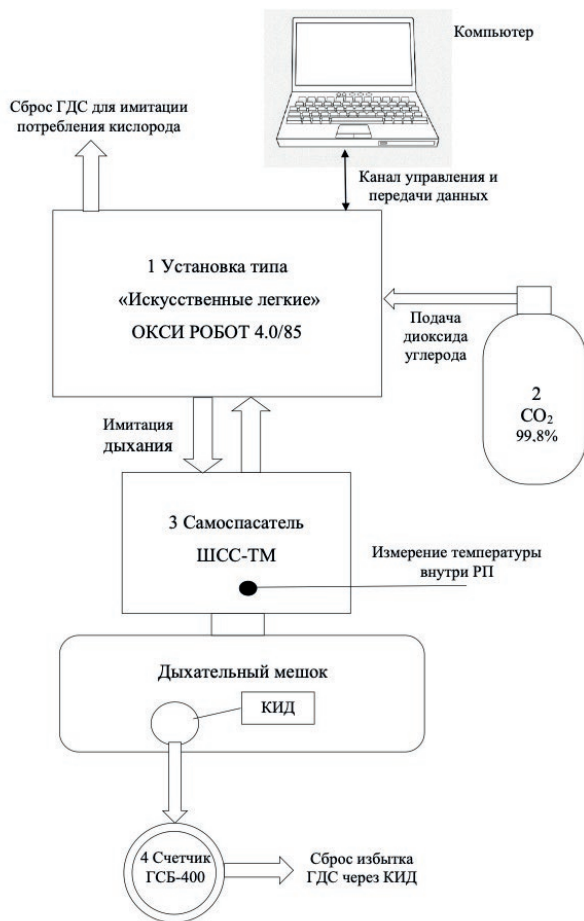


Рисунок 1. Схема установки для проведения исследований ИВД.

Figure 1. Installation diagram for researching mine self-rescuers

разработкой и имеет значительные отличия от существующих ИВД типа «искусственные легкие» [4], основным из которых является возможность динамического изменения параметров «дыхания» в ходе проведения эксперимента, а также полного повторения дыхания конкретного человека при любой динамически меняющейся нагрузке. Для повторения дыхания конкретного человека необходимо записать требуемую спирограмму и ввести ее в программу управления ИВД.

Наиболее совершенным ИВД до разработки «ОКСИ-РОБОТ», который мог достаточно «близко» повторять заданные кривые дыхания, был французский «SIMULATEUR RESPIRATOIRE S 2000», разработанный фирмой Fenzy SAS (в настоящем подразделение «Honeywell»). Авторам удалось провести испытания на нем и убедиться в целом ряде недостатков, которые были учтены и устранены при разработке «ОКСИ-РОБОТ». В частности, французский ИВД не обеспечивал заданных параметров температуры и влажности на выдохе при изменении объема и частоты легочной вентиляции, что не по-

зволяло получать достоверные результаты при испытании ИДА с замкнутым циклом (аппараты со сжатым кислородом и химически связанном кислородом). В ИДА «ОКСИ-РОБОТ» эта очень сложная и нетривиальная задача была решена.

Технически «ОКСИ-РОБОТ» отличается от аналогов следующим:

- высоким уровнем автоматизации (управление полностью осуществляется через персональный компьютер);
- наивысшей скоростью выхода на режим по всем параметрам – до 15 минут;
- высокой производительностью (перерыв между последующими испытаниями не более 5 минут);
- автоматической самодиагностикой неисправностей и проверкой собственной герметичности;
- простотой использования, которая позволяет быстро освоить все возможности ИВД, что позволяет оператору без специальной подготовки эксплуатировать стенд;
- низкой стоимостью владения, модульной заменой неисправных частей, что значительно снижает время простоя;
- автономностью работы (не требует постоянного присутствия человека, что экономит рабочее время оператора);
- уникальными массогабаритными параметрами (масса менее 50 кг), которые позволяют легко перемещать ИВД при необходимости.

Для проведения испытаний ИДА в различных климатических условиях, в том числе в условиях Арктики, для «ОКСИ-РОБОТ» был разработан уникальный надуваемый и подогреваемый макет головы человека, управляемый от ИВД и позволяющий исключать потерю тепла и влаги на линии передачи дыхательной смеси от ИВД до климатической камеры и имеющий собственную автоматическую систему подогрева, обеспечивающую на выдохе необходимую температуру. Это позволяет испытывать ИДА в условиях низкой температуры (-40°C и ниже).

ИВД «ОКСИ-РОБОТ» автоматически сохраняет всю информацию, получаемую от датчиков в электронной базе данных, что создает основу для применения любых программных аналитических инструментов, инструментов математического моделирования. Это также является существенным преимуществом по сравнению со многими ИВД, используемыми на сегодняшний день в науке и производстве.

Рассматриваемый ИВД предоставляет достаточные возможности для проведения испытаний ИДА и решения обозначенных задач, ко-

торые могут быть использованы и для решения других задач, связанных с разработкой и применением ИДА.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ШС ПОСЛЕ ИХ ПЕРВИЧНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ И ПЕРЕРЫВА В РАБОТЕ ПРИ НОМИНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ

Матрица экспериментов была построена исходя из предположений, которые подтверждаются многими работами [4,5], что успех повторного включения в ШС с возобновлением функций регенерации ГДС будет зависеть от комбинации нескольких факторов:

- степени фактического израсходования надпероксида калия (KO_2) или от того, какое количество KO_2 остается доступным для продолжения реакции регенерации к моменту наступления паузы;
- значения температуры шихты внутри регенеративного патрона (РП), достигнутой к моменту наступления паузы;
- степени снижения температуры внутри РП за время паузы;
- дыхательной нагрузки на ШС, создаваемой человеком или установкой типа ИЛ при повторном включении.

На основании данных предположений построена матрица экспериментов, приведенная в таблице 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенное исследование и обработка полученных данных убедительно показывает, что при определенных условиях самоспасатель после повторного включения способен обеспечить регенерацию газовой дыхательной смеси

(ГДС) и защитить человека в непригодной для дыхания атмосфере.

Для наглядности выбран способ представления результатов с цветовой кодировкой, приведенный в таблице 3.

Из данных таблицы 3 следует:

1. Успешные повторные запуски самоспасателей после паузы наблюдались при всех проверенных интервалах времени работы до наступления паузы, если за время паузы температура снижалась не более чем на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (длительность паузы составляла до 1 мин).

2. При времени отработки самоспасателя до наступления паузы до 15 мин. степень снижения температуры внутри РП не привела к отказам при повторном включении, при этом длительность паузы достигала 290 минут при остывании до $28,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Для самоспасателей, проработавших до паузы более 15 мин, повторное включение не было успешным, если снижение температуры внутри РП соответствовало достижению практически равновесных условий теплообмена с окружающей средой (при остывании до «комнатной» температуры $28,5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

4. Самоспасатели, отработавшие до паузы 25 и 35 мин, успешно возобновляли работу после паузы, если длительность паузы составляла не более 70 мин и изменение температуры в РП за время паузы не превышало $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. Самоспасатели, отработавшие до паузы 45 мин, а также отработавшие до паузы 25 и 35 мин. и охлажденные за время паузы на $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более, демонстрируют неустойчивую динамику возможности успешного повторного включения. Наблюдались как успешные повторные запуски,

Таблица 2 - Матрица экспериментов
Table 2 - Experiment Matrix

Нижняя граница «остывания»*	Время отработки до паузы, мин					
	55	45	35	25	15	5
	Количество испытаний, шт					
$T_{\text{макс}}$ (пауза 1 мин)	2	1	1	1	1	1
$T1=T_{\text{макс}}-50$	2	2	1	1	1	1
$T2=T_{\text{макс}}-100$	1	3	2	2	1	-
$T3=T_{\text{макс}}-150$	-	4	2	2	1	-
$T4=T_{\text{макс}}-200$	-	4	2	2	2	-
$T_{\text{мин}} = 28,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	-	-	3	1	1	2

Примечания: *

$T_{\text{макс}}$ – температура внутри РП в момент перехода в режим «пауза»; $T1, T2, T3, T4$ – температура внутри РП, которая должна быть достигнута при естественном охлаждении за время паузы и которая определяет длительность паузы при проведении испытаний;

$T_{\text{мин}}$ – условно комнатная температура внутри РП, при достижении которой дальнейшее охлаждение в условиях лаборатории неэффективно.

Таблица 3 - Способ представления результатов с цветовой кодировкой
Table 3 - Color-coded presentation of results

Код границы остывания	Снижение температуры внутри РП за время паузы, 0С	Время отработки до паузы, мин					
		55	45	35	25	15	5
		Оценка успешности повторного включения, % (Количество проведенных испытаний, шт.)					
Тмакс	<11	100 (2)	100 (1)	100 (1)	100 (1)	100 (1)	100 (1)
T1	50	0 (2)	50 (2)	100 (1)	100 (1)	100 (1)	100 (1)
T2	100	0 (1)	100 (3)	100 (2)	100 (2)	100 (1)	
T3	150		50 (4)	100 (2)	100 (2)	100 (1)	
T4	200		50 (4)	50 (2)	50 (2)	100 (2)	
Тмин	>200			0 (3)	0 (1)	100 (1)	100 (2)
Цвет ячейки, обозначающий успешность возобновления самоспасателями функции регенерации ГДС							
Успешно							
Неуспешно							
Половина успешно, половина неуспешно							

так и отказы. Выделяется так называемая «пограничная зона», где вероятность успешно «раздышать» самоспасатель предварительно была оценена в 50%.

6. Для самоспасателей, которые проработали до наступления паузы 55 мин (то есть практически выработали свой защитный ресурс) успешное повторное включение наблюдалось только при кратковременной паузе, длительностью не более 1 мин.

На рисунке 2 показана зависимость ВЗД для самоспасателей, которые успешно возобновили работу после паузы от времени работы до паузы с привязкой к длительности паузы.

Из графика видно, что при времени работы до паузы 5÷35 мин общее ВЗД самоспасателя составляет 65÷70 мин. С увеличением времени работы до паузы более 40 мин снижается не только ВЗД после паузы, но и несколько снижается общее ВЗД самоспасателя, оставаясь в целом близким к номинальному ВЗД (60 мин), что естественным образом объясняется уменьшением количества надпероскида калия в РП.

Отмеченную тенденцию к снижению общего ВЗД можно объяснить тем, что при увеличении времени работы до паузы более 40 мин происходит сильный разогрев регенеративного продукта в РП, что с учетом накопления легкоплавких гидратов гидроксида калия ($KOH \cdot n \cdot H_2O$) приводит к оплавлению части шихты [2]. Во время паузы расплав кристаллизуется из-за снижения температуры и блокирует часть неотработанного KO_2 от взаимодействия с ГДС.

На рисунке 3 приведены сравнительные графики зависимости среднего ВЗД после паузы от разности температуры внутри РП в начале и в конце паузы, построенные для групп самоспасателей с одинаковым временем работы до паузы. Из рисунка 3 видно снижение ВЗД после паузы у самоспасателей, которые проработали до паузы более 35 мин, и при этом температура шихты снизилась за время паузы более чем на 200 °С. В расчете среднего ВЗД учтены все результаты испытаний, независимо от успешности повторного включения.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ШС ПОСЛЕ ИХ ПЕРВИЧНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ И ПЕРЕРЫВА В РАБОТЕ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ЛЕГОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Для оценки возможности повторного включения в самоспасатель при легочной вентиляции 25, 30, 45 дм³/мин было проведено два этапа исследований.

На первом этапе было проведено 11 экспериментов с фиксированным временем паузы. Результаты по критерию успешности повторного запуска приведены в таблице 4. В ячейках таблицы указано количество испытанных самоспасателей.

Как следует из приведенных данных, при нагрузке, соответствующей легочной вентиляции 45 дм³/мин и продолжительности паузы более 30 мин, самоспасатель утрачивает способность к успешной регенерации ГДС после повторного включения. В остальных случаях самоспасатели

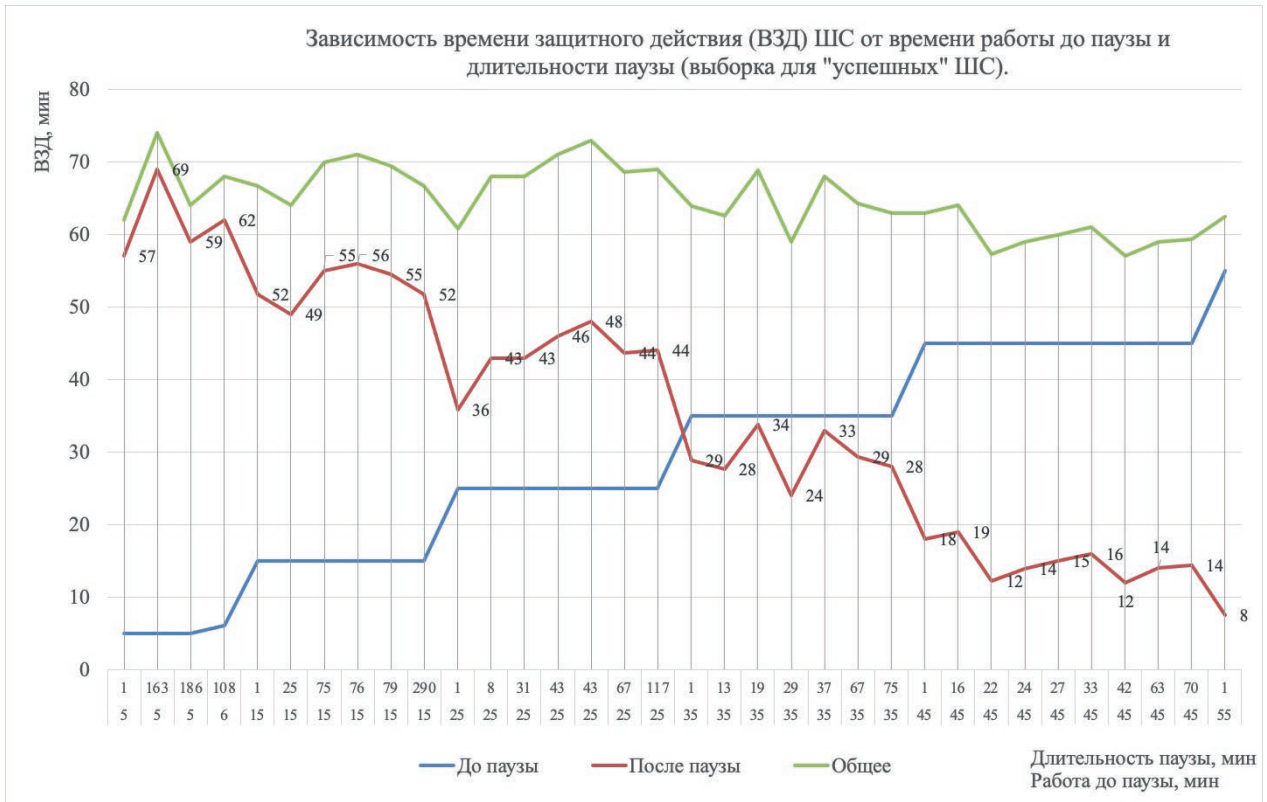


Рисунок 2. Зависимость ВЗД для самоспасателей, которые успешно возобновили работу после паузы от времени работы до паузы с привязкой к длительности паузы
 Figure 2. Dependence of PAT for self-rescuers that successfully resumed work after a pause from the operating time to the pause with reference to the duration of the pause

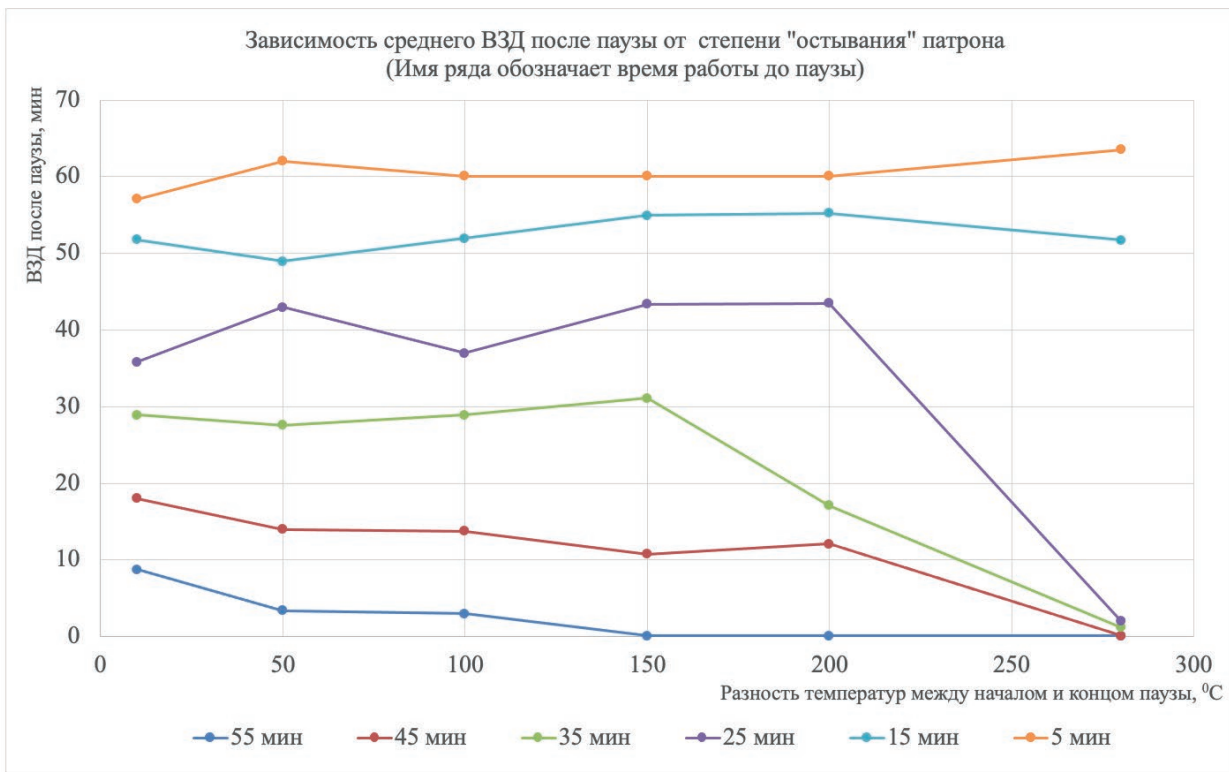


Рисунок 3. Сравнительные графики зависимости среднего ВЗД после паузы от разности температуры внутри РП в начале и в конце паузы
 Figure 3. Comparative graphs of the dependence of the average PAT after a pause on the temperature difference inside the RP at the beginning and at the end of the pause

успешно возобновили работу после паузы.

Поскольку было выполнено только по одному испытанию для каждого режима, приведённых в таблице 4, планируется продолжить испытания, в том числе с участием добровольцев с целью получения объективной оценки вероятности успешности повторного включения.

Во втором этапе проводились испытания самоспасателей с циклом включения и выключения 15 мин.

Три эксперимента были проведены с целью проверки потенциальной возможности многократного повторного включения в самоспасатель после паузы фиксированной длительности. Испытания проводились до превышения объемной концентрации диоксида углерода во вдыхаемой ГДС более 5%.

Результаты испытаний представлены в таблице 5.

Из данных таблицы 5 следует, что при всех проверенных нагрузках самоспасатели обеспечили не менее 3 циклов работы длительностью 15 мин при повторном включении после паузы.

Наглядное представление о характере работы самоспасателей при периодическом прерывании работы и повторном включении можно получить, рассмотрев графики зависимости объемной концентрации диоксида углерода в ГДС на вдохе и температуры внутри РП и на его поверхности от времени работы. Графики представлены на рисунках 4-6. Объемная концентра-

ция диоксида углерода для ряда «СО₂ Вдох» для удобства сравнения вынесена на вспомогательную шкалу.

График температуры внутри РП показывает характерную динамику затухания и возобновления процесса регенерации при переходе самоспасателя в состояние паузы и повторном включении в работу. С некоторой задержкой и в значительно меньшей степени изменяется температура на поверхности корпуса самоспасателя, что связано с наличием теплоизолирующего слоя из полиуретановой пены между стенкой РП и элементом корпуса.

Графики изменения объемной концентрации диоксида углерода во вдыхаемой ГДС наглядно отображают процесс снижения сорбционной емкости регенеративного продукта по диоксиду углерода, причем как во время цикла работы самоспасателя, так и за время паузы.

Снижение сорбционной емкости проявляется в том, что при повторном включении самоспасателя после паузы значение объемной концентрации диоксида углерода на вдохе устанавливается несколько выше значения, достигнутого к моменту наступления паузы. Это говорит о том, что процессы, протекающие в регенеративном продукте, не останавливаются одномоментно при прекращении дыхания и переходе в режим паузы, но некоторое время протекают за счет воды и диоксида углерода, сорбированными шихтой, а также содержащимися

Таблица 4. Результаты экспериментов для каждого режима
Table 4. Experimental results for each mode

Пауза, мин	Легочная вентиляция, дм ³ /мин		
	25	30	45
	Время работы до наступления паузы 35 мин		
15	1	1	1
30	1	1	1
60	1	1	1
	Время работы до наступления паузы 15 мин		
30	-	-	1
60	-	-	1

Таблица 5. Результаты тестов самоспасателей при всех проверенных нагрузках
Table 5. Self-rescuers test results at all tested loads

Легочная вентиляция, дм ³ /мин	Количество циклов работы	Количество пауз	Длительность последнего цикла работы перед завершением, мин	Общее фактическое ВЗД, мин
25	6	5	14,0	89,0
30	5	4	12,0	72,0
45	4	3	1,5	46,5

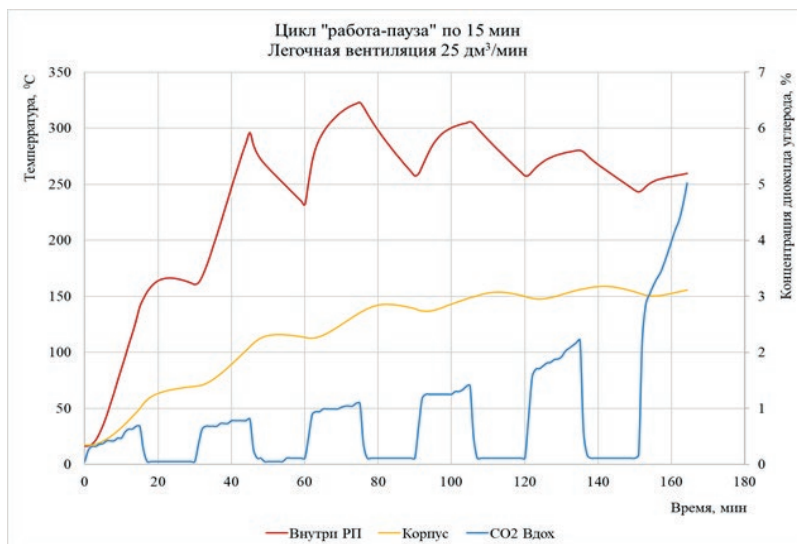


Рисунок 4. Результаты испытаний самоспасателя ШСС-ТМ с участием испытателя-добровольца с имитацией цикла «работа - пауза»
Figure 4 - Results of tests of the self-rescuer SHSS-ТМ with the participation of a volunteer tester with imitation of the cycle "work - pause"

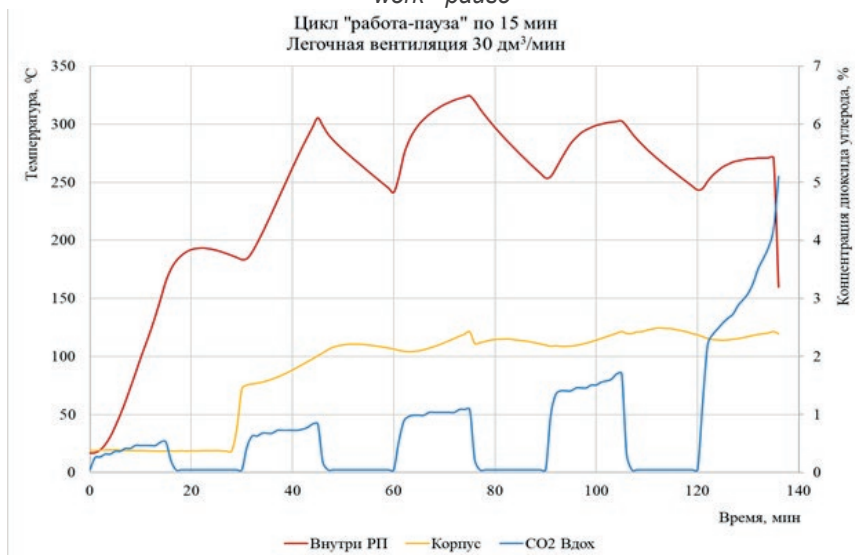


Рисунок 5. Результаты испытаний самоспасателя ШСС-ТМ с участием испытателя-добровольца с имитацией цикла «работа - пауза»
Figure 5. Results of tests of the self-rescuer SHSS-ТМ with the participation of a volunteer tester with imitation of the cycle "work - pause"

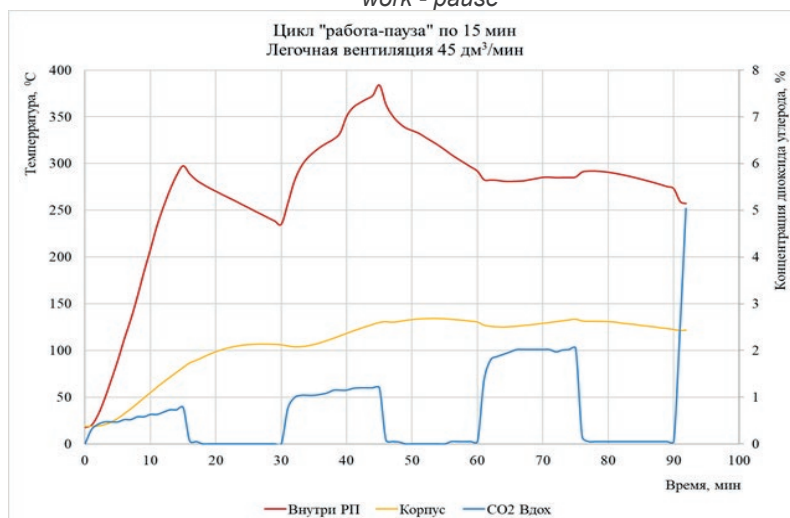


Рисунок 6. Результаты испытаний самоспасателя ШСС-ТМ с участием испытателя-добровольца с имитацией цикла «работа - пауза»
Figure 6. Results of tests of the self-rescuer SHSS-ТМ with the participation of a volunteer tester with imitation of the cycle "work - pause"

Таблица 6. Программа испытаний самоспасателя с имитацией неоднократного перерыва и включения в ШС
Table 6. Self-rescuer test program with simulation of repeated interruption and inclusion in MS

№ этапа	Физическая активность	Включение в самоспасатель	Длительность, мин	Скорость движения, км/ч	Угол наклона беговой дорожки, град
1	Ходьба	Включен	15	3,2	4
2	Ходьба	Выключен	15	3,2	4
3	Ходьба	Включен	15	3,2	4
4	Ходьба	Выключен	15	3,2	4
5	Ходьба	Включен	15	3,2	4
6	Ходьба	Выключен	15	3,2	4
7	Ходьба	Включен	15	3,2	4
8	Ходьба	Выключен	15	3,2	4
9	Ходьба	Включен	15	3,2	4
ИТОГО			135	-	-

в ГДС, занимающей свободный объем РП и воздухопроводной системы ШС.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ШС ПОСЛЕ ИХ ПЕРВИЧНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ И ПЕРЕРЫВА В РАБОТЕ С УЧАСТИЕМ ИСПЫТАТЕЛЯ

В процессе испытаний из дыхательного мешка (ДМ) самоспасателя непрерывно отбиралась проба ГДС для измерения объёмных концентраций кислорода и диоксида углерода, а также измерялось сопротивление дыханию на вдохе и выдохе.

Измерение и автоматическая запись указанных параметров проводились с помощью стенда «ОКСИ-РОБОТ» и персонального компьютера.

Программа испытаний самоспасателя с имитацией неоднократного перерыва и включения в ШС приведена в таблице 6.

При имитации перерыва в работе (паузы) испытатель выключался из самоспасателя путём извлечения загубника изо рта, при этом загубник не надевался на штатную заглушку, таким образом, во время паузы самоспасатель оставался негерметичным по линии вдоха/выдоха.

Общее время испытания составило 135 минут. Время защитного действия самоспасателя (без учёта времени пауз) составило 64 мин до достижения объёмной концентрации диоксида углерода в дыхательном мешке 3,0 % (согласно ГОСТ 12.4.292-2015). Фактическое время защитного действия самоспасателя (без учёта времени пауз) составило 70 мин до прекращения испытания по субъективным ощущениям испытателя-добровольца. Субъективные ощущения описаны, как нехватка воздуха при полном вдохе, необходимость сделать вдох свежего возду-

ха, т. е. наблюдалось слабое наполнение дыхательного мешка ГДС, близкое к «схлопыванию».

На рисунках 4-7 приведены результаты испытаний самоспасателя ШСС-ТМ с участием испытателя-добровольца с имитацией цикла «работа - пауза» по 15 мин и результаты испытаний аналогичного самоспасателя на имитаторе внешнего дыхания человека «ОКСИ РОБОТ» проведённых при следующих условиях:

- лёгочная вентиляция – 30 дм³/мин;
- имитация выделения диоксида углерода – 1,2 дм³/мин.

Анализ сравнительного графика сопротивления дыханию, приведённого на рисунке 7, показывает, что наблюдается «схожесть» графиков, что говорит о близости значений физической нагрузки, испытываемой добровольцем, и нагрузки, имитируемой стендом «ОКСИ РОБОТ».

ВЫВОДЫ

1. Результаты работы могут быть использованы при разработке мероприятий по спасению людей на опасных производственных объектах, в том числе при планировании маршрутов эвакуации людей в безопасное место, с учётом расширения возможности применения самоспасателей в чрезвычайных и аварийных ситуациях, которые имеют место быть в реальной жизни, но не предусмотрены нормативной и эксплуатационной документацией.

2. Проведённые исследования позволяют делать выводы о том, что самоспасатель можно «раздышать» повторно при условии использования его во время первого включения до 30 мин и паузы до повторного включения не более 30 мин. Успех повторного включения зависит

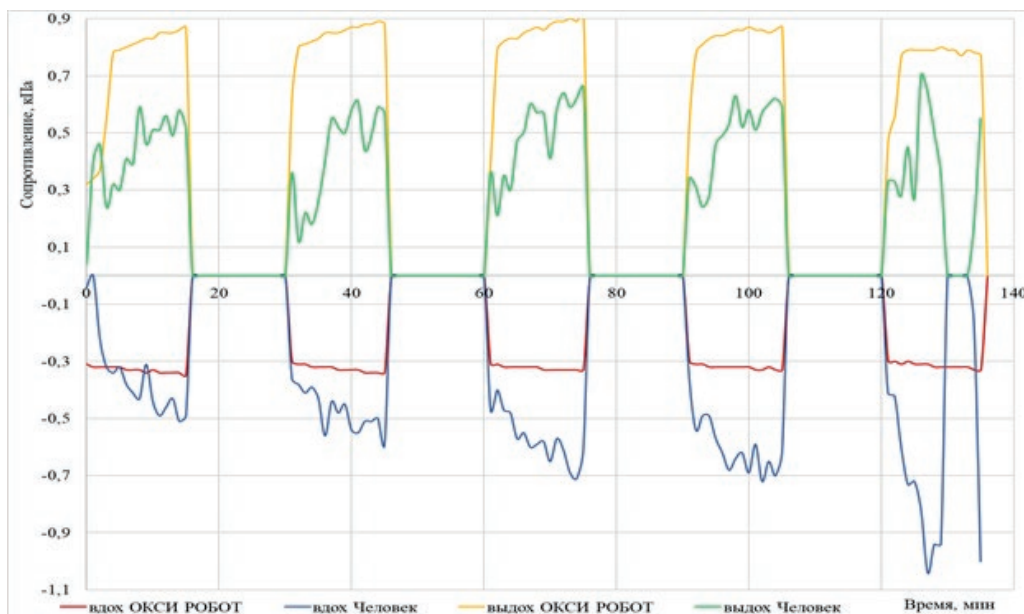


Рисунок 7 Изменение сопротивления дыханию в ШСС-ТМ в режиме «работа-пауза» при испытаниях на человеке и на стенде «ОКСИ РОБОТ».

Figure 7 Change in respiratory resistance in the SHSS-TM in the "work-pause" mode during tests on humans and on the "OXY ROBOT" stand.

и от конструкции конкретных самоспасателей (ШСС-ТМ), которые были использованы в работе (наличие штатной «пробки» для затыкания загубника во время перерывов работы), и от их технического состояния.

3. На основании анализа результатов исследований можно рекомендовать при обучении персонала порядку применения самоспасателей обращать внимание обучаемых на следующие аспекты:

- при экстремальных и аварийных ситуациях возможно выпадение из рта загубника самоспасателя, но надо сделать все для его скорейшего возвращения на место (стараясь минимизировать подсос рудничного воздуха);
- при выключении из самоспасателя, не по причине окончания его ресурса, а по причине выхода из опасного участка на свежую струю, рекомендуется пережать дыхательную трубку или заткнуть загубник и оставлять самоспасатель при себе до выхода на поверхность;
- в случае возникновения дополнительной угрозы можно воспользоваться самоспасателем повторно до момента включения в новый самоспасатель (в пункте переключения, расположенного на маршруте);
- при повторном запуске вначале следует максимально заполнить дыхательный мешок самоспасателя выдыхаемым воздухом;
- необходимо ознакомить сотрудников с фактическими данными, указывающими границу вероятной возможности повторного включения после паузы для используемых самоспасателей.

Кроме того, для реализации возможности повторного включения и нормального продолжения дыхания в «использованном» самоспасателе, человек должен получить и отработать навыки «раздышивания» самоспасателя.

4. Результаты работы могут быть использованы при разработке изолирующих СИЗОД. При этом для разработчиков и производителей СИЗОД на химически связанном кислороде можно рекомендовать следующее:

- предусматривать в конструкции самоспасателя возможность герметизации воздухопроводной системы (механизм, пробку, заглушку и т.д.) после прекращения его использования;
- рассмотреть варианты применения в конструкции ШС дыхательного мешка большего объема для снижения потерь кислорода через клапан избыточного давления и для увеличения инерционной составляющей кислорода в них, полезной как для «раздышивания» самоспасателя, так и увеличения запаса ВЗД;
- рассмотреть варианты сбалансированных схем регенерации, путем введения активных поглотителей воды и углекислого газа, работающих в пиковые моменты потерь выделяющегося кислорода;
- предусмотреть в конструкции самоспасателя индикатор (наклейку), способную продемонстрировать цветом степень остывания патрона самоспасателя;
- указывать в технической документации границу возможности повторного включения, определяемую в ходе разработки самоспасате-

ля с помощью стенда моделирования внешнего дыхания человека «ОКСИ РОБОТ»;

- указывать в эксплуатационной документации перечень действий для повторного запуска самоспасателя.

5. Расширение возможности применения самоспасателей в чрезвычайных и аварийных ситуациях могут учитываться при:

- анализе и расследовании нештатных ситуаций;
- статистической оценке качества СИЗОД, представляемых различными производителями;
- оптимизации программ инструктажей и методик обучения персонала шахт порядку применения ШС;
- постановки новых научно-исследовательских работ, направленных на повышение защищенности персонала опасных производ-

ственных объектов при использовании СИЗОД.

6. На имитаторе внешнего дыхания человека типа «ОКСИ РОБОТ» можно проводить выборочную ежегодную проверку самоспасателей, находящихся в эксплуатации в целях верификации параметров самоспасателей, а также набора данных, в том числе и для уточнения границы возможного повторного включения в ШС.

Все рекомендации, предложенные на основании результатов выполненной работы, как для потребителей и разработчиков самоспасателей, так и для конечных пользователей, направлены на безусловное повышение защищенности людей, работающих в потенциально опасных средах. Даже частичный учет предлагаемых рекомендаций способен привести к снижению негативных последствий аварий на шахтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Правила безопасности в угольных шахтах» (введены приказом Ростехнадзора от 19.11.2013 № 550, зарегистрированы Минюстом 31.12.2013, регистр. № 30961) с изменениями.
2. Самоспасатель для подземных работ ШСС-ТМ. Руководство по эксплуатации ЦТКЕ.8.092.000 РЭ. Открытое Акционерное Общество «Корпорация «Росхимзащита».
3. Самоспасатель для подземных работ ШСС-Т. Руководство по эксплуатации ВТ8.154.000 РЭ. Открытое Акционерное Общество «Корпорация «Росхимзащита».
4. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ /—М.: Недра. 1990. — 160с.
5. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования / С.В. Гудков, С.И. Дворецкий, С.Б. Путин, В.П. Таров — М.: Машиностроение. 2008. — 187 с.
6. Zbigniew Talaśka, The construction of a breathing simulator for research of the diving breathing apparatus in compliance with the pn-en 250:2014 standard // Scientific journal of polish naval academy, Vol.3, 2016, P.121-130, DOI: 10.5604/0860889X.1224754
7. Hisashi Yuasa, Mikio Kumita, Takeshi Honda, Kazushi Kimura, Kosuke Nozaki, Hitoshi Emi, Breathing simulator of workers for respirator performance test // Industrial Health 2015, Vol. 53, P. 124–131.
8. R. Paštěka, M. Forjan, Actively Breathing Mechanical Lung Simulator Development and Preliminary Measurements // IFMBE Proceedings, 2018, Vol. 65, P. 750-752, DOI: 10.1007/978-981-10-5122-7_188
9. S. Heili-Frades, G. Peces-Barba, M.J. Rodriguez-Nieto, Design of a lung simulator for teaching lung mechanics in mechanical ventilation //Arch Bronconeumol., 2007, Vol. 43(12), P. 674- 679, DOI:10.1157/13112966
10. M. Won, H. Yoon, D. F. Treagust, Students' learning strategies with multiple representations: Explanations of the human breathing mechanism," Science Education, Vol. 98, P. 840–86, 2014.
11. S. Krueger-Ziolek, C. Knoebel, C. Schranz, K. Moeller, Combination of engineering and medical education using an active mechanical lung simulator // IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2013), P. 542–543.
12. H. T. Bates, Mechanical properties of the lung // Comparative Biology of the Normal Lung, 2nd ed. (Elsevier, Inc., 2015), P. 289–304.

REFERENCES

1. Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh ["Safety rules in coal mines"]. (introduced by order of Rostekhnadzor dated 19.11.2013 No. 550, registered by the Ministry of Justice on 31.12.2013, register No. 30961) as amended.[in Russian].
2. Samospasatel dlia podzemnykh rabot ShSS-TM [Self-rescuer for underground work SHSS-TM]. Operating manual ЦТКЕ.8.092.000. "Corporation" Roskhimzashita" JSC [in Russian].
3. Samospasatel dlia podzemnykh rabot ShSS-T [Self-rescuer for underground work SHSS-T]. Operating manual ВТ8.154.000. "Corporation" Roskhimzashita" JSC [in Russian].
4. Didenko, N.S. (1990). Regenerativnyie respiratory dlia gornospasatelnykh rabot [Regenerative respirators for mine rescue operations]. Moscow: Nedra [in Russian].
5. Gudkov, S.V., Dvoretzky, S.I., Putin, S.B., & Tarov, V.P. (2008). Izoliruiushchie dykhatelnyie apparaty i osnovy ikh proektirovaniya [Self-contained breathing apparatus and the basics of their design]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
6. Zbigniew Talaśka, The construction of a breathing simulator for research of the diving breathing apparatus in compliance with the pn-en 250:2014 standard // Scientific journal of polish naval academy, Vol.3, 2016, P.121-130, DOI: 10.5604/0860889X.1224754 [in English].
7. Hisashi Yuasa, Mikio Kumita, Takeshi Honda, Kazushi Kimura, Kosuke Nozaki, Hitoshi Emi, Breathing simulator of

- workers for respirator performance test // *Industrial Health* 2015, Vol. 53, P. 124–131. [in English].
8. R. Paštěka, M. Forjan, Actively Breathing Mechanical Lung Simulator Development and Preliminary Measurements // *IFMBE Proceedings*, 2018, Vol. 65, P. 750-752, DOI: 10.1007/978-981-10-5122-7_188 [in English].
 9. S. Heili-Frades, G. Peces-Barba, M.J. Rodriguez-Nieto, Design of a lung simulator for teaching lung mechanics in mechanical ventilation // *Arch Bronconeumol.*, 2007, Vol. 43(12), P. 674- 679, DOI:10.1157/13112966 [in English].
 10. M. Won, H. Yoon, D. F. Treagust, Students' learning strategies with multiple representations: Explanations of the human breathing mechanism," *Science Education*, Vol. 98, P. 840–86, 2014. [in English].
 11. S. Krueger-Ziolek, C. Knoebel, C. Schranz, K. Moeller, Combination of engineering and medical education using an active mechanical lung simulator // *IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2013)*, P. 542–543. [in English].
 12. H. T. Bates, Mechanical properties of the lung // *Comparative Biology of the Normal Lung*, 2nd ed. (Elsevier, Inc., 2015), P. 289–304. [in English].

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



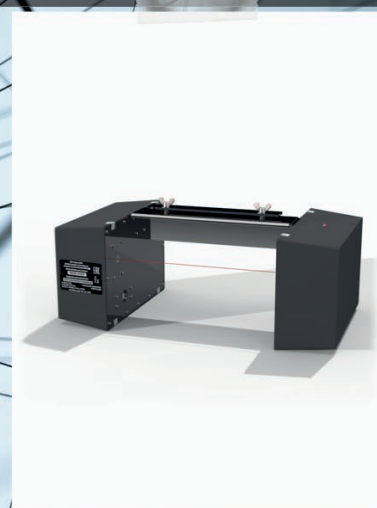
Стационарный датчик **ИЗСТ-01** для контроля рабочей зоны



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-ЦОТ" indsafe.ru





■ **Е.Б. Гридина // E.B. Gridina**
Gridina_EB@pers.spmi.ru

канд. техн. наук., доцент, зам. заведующего кафедрой безопасности производства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2
candidate of technical sciences, associate professor, Deputy Head of the Department of Production Safety, St. Petersburg Mining University, 199106, St. Petersburg, Vasilievsky Island, 21 line 2



■ **А.К. Мирошниченко //**
A.K. Miroshnichenko
s195019@stud.spmi.ru

аспирант кафедры безопасности производства, 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 УДК 622.822

УСТРАНЕНИЕ ОЧАГОВ САМОВОЗГОРАНИЙ УГЛЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРНЫХ СТВОЛОВ

COAL SELF-IGNITION FOCI SUPPRESSION BASED ON PEAT FIRE NOSEPIECES USE

В статье рассматривается проблема возникновения эндогенных очагов возгораний на угольных предприятиях России. Приводится статистика, которая показывает превышение эндогенных пожаров как вида аварий над остальными видами на протяжении анализируемого периода времени. Рассматриваются используемые на угольных предприятиях методы ликвидации эндогенных пожаров, а именно: нанесение изолирующего материала, частичная или полная перевалка навала горной массы, склонного к самовозгоранию, нагнетание жидких ингибиторов и воды в массив навала. Перечислены достоинства и недостатки, каждого из используемых методов. На основе наиболее популярного метода нагнетания воды в массив навала предложено усовершенствование данного способа за счет использования торфяных пожарных стволов. При использовании предложенного улучшения процесс ликвидации эндогенного очага возгорания возможно довести до автоматизации, что в свою очередь обеспечит повышение безопасности условий труда персонала, задействованного в ликвидации пожара. Отмечается также, что шнековые лопасти в конструкции пожарного ствола позволят затрачивать меньше усилий на процесс достижения очага возгорания. В выводах обобщаются достоинства предложенного метода ликвидации эндогенного пожара на буроголивых разрезах.

The article deals with the problem of endogenous fire foci initiation at coal enterprises in Russia. Statistics are presented that show the excess of endogenous fires as a type of accidents over other types every year for several years. The methods of endogenous fire suppression used at coal enterprises are analyzed, namely: application of insulating material, partial or complete bulk transfer, pumping of liquid inhibitors and water into the bulk. Each method advantages and disadvantages used are listed. Based of the most popular method of water pumping into the bulk, an improvement of this method is proposed to use peat fire nosepieces. When using the proposed improvement, the process of endogenous fire foci suppression can be brought to automation, which in turn will increase the safety of workers involved in the fire suppression. It is also noted that the auger blades in the structure of the fire nosepiece will allow less effort to be spent on the process of reaching the fire focus. The conclusions summarize the proposed method advantages for endogenous fire suppression in brown coal mines.

Ключевые слова: ЭНДОГЕННЫЙ ПОЖАР, САМОВОЗГОРАНИЕ УГЛЯ, УГОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ, БУРЫЙ УГОЛЬ, АНТИПИРОГЕН, ПОЖАРНЫЙ СТВОЛ, ГОРЮЧИЕ ВЕЩЕСТВА, СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ.

Key words: ENDOGENOUS FIRE, COAL SELF-IGNITION, OPENCAST MINE, BROWN COAL, ANTIPIYROGEN, FIRE NOSEPIECE, FLAMMABLE SUBSTANCES, PROTECTION METHODS.

Введение
Эндогенные возгорания угольных пластов и тление отвалов с угольной составляющей при открытой разработке месторождений продолжают оставаться серьезной проблемой для угледобывающих компаний

в связи с недостаточной обоснованностью методов обеспечения безопасности работ, что в свою очередь, в некоторых случаях приводит к необоснованным техническим решениям при разработке открытым способом угольного месторождения, повышению аварийности и, как

Таблица 1. Аварийность и смертельный травматизм на опасных производственных объектах угольной промышленности.

Table 1. Accident rate and fatal injuries at hazardous production facilities of the coal industry.

Вид аварии	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Пожар	4	3	5	1	3	4
Взрыв	4	3	–	4	2	–
Обрушение	1	1	2	1	1	–
Затопление	1	1	1	1	2	1
Горный удар	1	–	–	–	–	–
Загазирование	–	–	–	1	–	1
Внезапный выброс	–	–	–	–	1	–
Итого аварий	11	8	8	8	9	6

следствие, травматизма. Из этого следует, что совершенствование методов профилактики производственного травматизма в условиях разработки марок угля, склонных к самовозгоранию, в частности, при локализации и ликвидации последствий самовозгораний, с целью улучшения условий труда персонала разрезов является актуальной научной задачей, имеющей важное экономическое и социальное значение [1].

Способы борьбы с эндогенными пожарами, существующие на угольных разрезах являются либо трудоемкими, либо малоэффективными и, в большинстве случаев, не исключают потери полезного ископаемого. Основной причиной возникновения эндогенных пожаров является самонагревание с последующим самовозгоранием угля. При соприкосновении с воздухом скоплений горючих ископаемых (торфа, угля, сернистых руд) и некоторых других материалов (например, древесных опилок, сена и пр.) иногда наблюдается самопроизвольное повышение их температуры – так называемое самонагревание [2]. Достигнув критического значения (обычно 70–80 °С), оно может быстро прогрессировать и вызывать возгорание этих ископаемых и материалов.

По причине образования большого количества тепла во время окисления вещества оно не успевает рассеяться во внешней среде, этим

и обусловлено самонагревание. Во время увеличения температуры окисления начинает возрастать и теплоотдача. Охлаждение начинается только при условии установления теплового равновесия, после которого обычно наступает прекращение нагревания. Возгорание достигается при условии нагревания и повышения температуры, при теплоотдаче во внешнюю среду. Подобное явление достигается только при определенных условиях [3].

2. Методы ликвидации эндогенных пожаров на угольных предприятиях

За последние несколько лет общее количество аварий в угольной отрасли хоть и имеет тенденцию к снижению, однако число возникающих эндогенных пожаров не снижается. За 2013–2018 годы, в угольной промышленности страны произошло в общей сумме 50 аварий, при этом в последние годы при ведении добычи угля открытым способом эндогенные пожары остаются самым распространенным видом аварий, на который приходится порядка 40% от общего числа техногенных происшествий [4,5].

Рассмотрим существующие на данный момент и технико-экономически обоснованные методы локализации и ликвидации очагов самовозгораний, каждый из них имеет свои достоинства и недостатки [6]. В некоторых случаях оптимально использование нескольких методов сразу, при

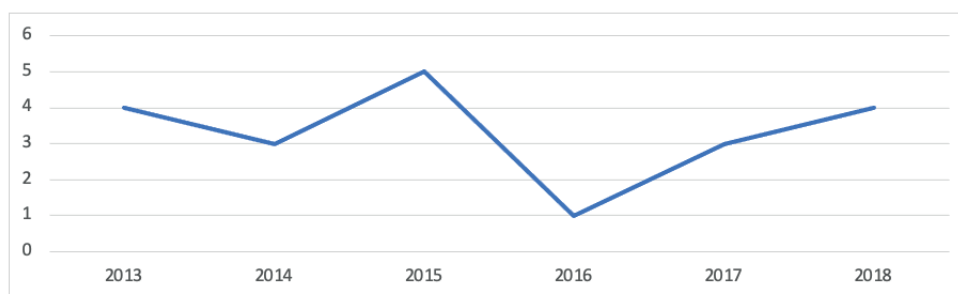


Рисунок 1. Количество эндогенных пожаров, произошедших на опасных производственных объектах 2013–2018 гг.

Figure 1. The number of endogenous fires that occurred at hazardous production facilities in 2013–2018.



Рисунок 2. Торфяной пожарный ствол
1 - тройник; 2 - клапан регулятор давления; 3 - удлинительный ствол; 4 - отверстия;
5 - ствол; 6 - шнековые лопасти; 7 - нижнее отверстие

Figure 2. Peat fire barrel
1 tee; 2 - pressure regulator valve; 3 extension barrel; 4 - holes;
5 - trunk; 6 - screw blades; 7 - bottom hole

этом выбор зависит от условий протекания процесса горения и масштабов пожара:

- нанесение изолирующего материала. Плюсами метода является перекрытие доступа кислорода к очагу горения, а также сведение к минимуму выделения вредных веществ в атмосферу в процессе тушения. Основным недостатком – отсутствие полной гарантии ликвидации пожара. Помимо этого, требуется большое количество бульдозерной и экскаваторной техники и изолирующего материала;

- частичная или полная перевалка навала. Предполагает минимальное количество специализированного оборудования и техники. К недостаткам можно отнести загрязнение окружающей среды посредством выбросов в атмосферу пыли и газов, а также усложнение условий труда и повышенная травмоопасность (выбросы газов, угроза взрывов и т.д.);

- нагнетание жидких ингибиторов в массив навала. Способ эффективен только при известном расположении очага горения. Из недостатков выделяются бурение большого количества скважин и высокие затраты при отсутствии гарантии ликвидации пожара;

- нагнетание воды в массив навала. Метод высокоэффективен на небольших по объему навалах, имеет небольшие затраты в сравнении с другими методами. Из недостатков можно выделить: требование большого количества воды, деформацию навалов, опасность образования и выбросов пара.

Наиболее распространенным методом ликвидации эндогенных пожаров на буроугольных разрезах считается метод нагнетания воды в массив навалов, преимущественно из-за своей невысокой себестоимости. Однако, подобный метод можно улучшить, что в свою очередь позволит упростить задачу персоналу предприятий, задействованному непосредственно на ликвидации очагов возгораний [7].

3. Использование торфяных пожарных стволов при ликвидации эндогенного пожара

Как известно, бурый уголь образуется непосредственно из торфа, который отличается от каменного угля меньшим количеством углерода, значительно большим содержанием битуминозных летучих веществ и воды в своем составе. Исходя из этого, можно прийти к выводу, что мероприятия по локализации очагов самовозгорания и все дальнейшие меры по пожаротушению бурого угля, можно проводить на основе тушения торфяных пожаров. Таким образом, самым логичным и целесообразным будет предложить тушение непосредственно в пласт посредством предварительного увлажнения пластов нагнетанием воды, растворов или глинистой пульпы по скважинам, что позволит предотвратить пожар еще на стадии самонагрева и дальнейшего перехода в самовозгорание [8].

Из всех имеющихся на сегодняшний день мероприятий одним из самых целесообразных и экономически выгодных является применение прототипов торфяных пожарных стволов, которые позволят тушить пожар непосредственно на начальных этапах его появления еще внутри пласта. При использовании торфяных пожарных стволов затрачивается меньше усилий на процесс достижения очага самовозгорания за счет шнековых лопастей в конструкции ствола. Лопасты разрезают твердую породу при заглублении ствола, удерживают его в вертикальном положении и открывают свободные каналы для вывода излишков жидкостей на поверхность. За счет этого существенно снижается вероятность выталкивания ствола под напором тушащего вещества. В итоге появляется возможность освободить работников от постоянного дежурства у стволов и довести процесс тушения эндогенного пожара до автоматизации.

Процесс ликвидации эндогенного пожара при использовании торфяных стволов проводится таким образом, что вода (смачиватель) подается через отверстия в корпусе непосредственно вглубь источника горения, а не на поверхность. Однако при подаче огнетушащих веществ под большим напором, ствол начинает выдавливаться вверх из-за чего возникает необходимость вести работу с данным прибором небольшими бригадами по два человека, которые поочередно меняют друг друга. Если соединить между собой последовательно 10-20 торфяных стволов и снабдить каждый ствол регулятором давления, то это позволит равномерно распределять поток жидкости и при необходимости снизить давление в каждом из стволов без снижения общей подачи жидкости [9]. Данный метод профилактики и ликвидации эндогенного пожара снижает трудозатратность, что существенно облегчает задачу работников при проведении дан-

ного пожарно-технического мероприятия.

Заключение

Анализ статистических данных по горным компаниям в угольной промышленности показал, что число эндогенных пожаров превосходит остальные виды аварий на протяжении рассматриваемого периода. На основании анализа методов локализации и ликвидации эндогенных пожаров на бурогольных разрезах можно сделать вывод, что наиболее экономически выгодным и технически оправданным является метод нагнетания воды в массив навала горной массы. Указанный метод можно усовершенствовать при помощи торфяных пожарных стволов. Данное устройство позволяет предварительно увлажнять пласты бурого угля посредством нагнетания воды или растворов сразу в пласт, что в свою очередь позволит предотвратить пожар еще на стадии самонагрева и перехода непосредственно в самовозгорание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагапов Р.Р., Родионов В.А. Исследование процессов возникновения и развития эндогенных пожаров каменного угля // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2016. №1. С. 39-41.
2. Сафина Э.С., Кирьянова К.Э. Самовозгорание полезных ископаемых как источники эндогенных пожаров. // Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов. 2018. С. 262-267.
3. Портола В.А. О расчете инкубационного периода самовозгорания угля // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 1. С. 46-49.
4. Архипов И.А., Филин А.Э. Анализ состояния аварийности на угольных предприятиях России. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 1. С. 208-2015.
5. Виды аварий при ведении горных работ открытым способом [Электронный ресурс]. URL: <https://studopedia.org/> (дата обращения 28.11.2020).
6. Петров А.Ю., Смирнов Ю.Д. Разработка защитных мероприятий по тушению эндогенных пожаров отработанных угольных разрезов // Современное общество: глобальные и региональные процессы. 2018. С. 41-43.
7. Казанин О.И., Рудаков М.Л. Особенности подготовки горных инженеров в промышленной безопасности и охраны труда // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. №S7. С. 292-299.
8. Ширококов С.В., Скоробогатова Р.И., Садриев Р.И., Загуменов С.Ю. Ствол для тушения торфяных пожаров // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. С. 60-63.
9. Gridina E.B., Kovshov S.V., Antonenko T.I., Miroschnichenko A.K. Development of fire safety measures aimed at preventing and responding to spontaneous combustion in brown coal mines // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu 2020. № 6. 96-101.

REFERENCES

1. Vagapov, R.R., & Rodionov, V.A. (2016). Study of the origin and development of endogenous coal fires. Supervision activities and judicial expertise in the security system, 1, 39-41 [in Russian].
2. Safina, E.S., & Kiryanova, K.E. (2018). Mineral spontaneous combustion as sources of endogenous fires. Ecological and Technosphere Safety of Mining Regions, 3, 262-267 [in Russian].
3. Portola, V.A. (2016). On the calculation of the incubation period of coal spontaneous combustion. Labor Safety in Industry, 1, 46-49 [in Russian].
4. Arkhipov, I.A., & Filin, A.E. (2019). Analysis of accident conditions at coal enterprises of Russia. Mining information and analytical bulletin, 1, 208-215 [in Russian].
5. Types of accidents in opencast mining. Retrieved from: <https://studopedia.org/> [in Russian].
6. Petrov, A.Yu., & Smirnov, Yu.D. (2018). Development of protective measures to extinguish endogenous fires from spent coal mines. Modern Society: Global and Regional Processes, 5, 41-43 [in Russian].
7. Kazanin, O.I., & Rudakov, M.L. (2015). Features of education and training of mining engineers in the field of occupational safety and health. Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal), S7, 292-299 [in Russian].
8. Shirobokov, S.V., Skorobogatova, R.I., Sadriev, R.I., & Zagumenov, S.Yu. (2017). Trunk for extinguishing peat fires. Bulletin of the Voronezh Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, 3, 60-63 [in Russian].
9. Gridina E.B., Kovshov S.V., Antonenko T.I., Miroschnichenko A.K. (2020). Development of fire safety measures aimed preventing and responding to spontaneous combustion in brown coal mines. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 6, 96-101.



В.М. Тарасов // V.M. Tarasov
rivalsit@yandex.ru

генеральный директор ООО «Ривальс Современные инновационные технологии», Россия, 650023, г. Кемерово, пр. Московский, 17
General Director of OOO "Rivals Modern innovative technologies", Russia, 650023, Kemerovo, Moskovsky pr., 17



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



Н.И. Тарасова // N.I. Tarasova
indsafety@yandex.ru

генеральный директор ООО «ИКЦ «Промышленная безопасность», Россия, 650000, г. Кемерово, ул. 50 лет Октября, д. 12А
General Director of OOO «ICC «Industrial Safety», Russia, 650000, Kemerovo, st. 50 years of October, 12A



Д.В. Тарасов // D.V. Tarasov
indsafety@yandex.ru

специалист ОТиПБ ООО «ИКЦ «Промышленная безопасность», Россия, 650000, г. Кемерово, ул. 50 лет Октября, д. 12А
Labor Safety and Fire Protection Specialist, OOO «ICC «Industrial Safety», Russia, 650000, Kemerovo, st. 50 years of October, 12A

УДК 622.6:331.461

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ В ШАХТЕ LIFTING DEVICES' SAFE USE RELIABILITY INCREASE IN THE MINE

Рассматриваются гидроподъемники в шахте на подвесном монорельсовом транспорте во взаимодействии с тяговым устройством – дизелевозом и монорельсовой балкой, их работу, включая законы механики для подъемного устройства, сооружения (грузоподъемных машин (устройств)). Гидроподъемники в шахте не должны являться грузовой тележкой, транспортным средством как на автомобильном транспорте, так как груз находится под монорельсовыми каретками и гидроподъемниками. Доказывается, что в действующей схеме подъема и перемещения груза гидроподъемниками на подвесном монорельсовом транспорте в шахтах отсутствует центр тяжести груза, что не влияет положительно на поступательное динамическое плоско-параллельное движение качения, построение плана мгновенного центра скорости на движение качения, где происходит движение волочение плюс плужение, происходит пробуксовка рабочих колес, вулканов, обретение тяговой установкой угловой скорости до линии центра тяжести груза, присутствие процесса вспахивания основной плоскости, нерациональные эксплуатационные затраты. В предлагаемом инновационном способе наличие мгновенных центров скоростей и положительное влияние центра тяжести груза и его модулей при предлагаемом способе обвязки, строповки, подъема и перемещении груза более эффективен и безопасен для ведения работ.

Hydraulic lifts in the mine on suspended monorail transport in interaction with the traction device-diesel and monorail beam, their work including the laws of mechanics for lifting devices, structures (lifting machines (devices)) are considered. Hydraulic lifts in the mine should not be a truck, a vehicle as in road transport, as the cargo is under the monorail carriages and hydraulic lifts. It is proved that in the current scheme of load lifting and moving by hydro-lifts on suspended monorail transport in the mines there is no load gravity center, which does not positively affect the translational dynamic plane-parallel rolling motion, the plan construction of the speed instantaneous center on the rolling motion, where the movement of dragging plus plowing occurs, there is a slip of the rotor wheels, vulkollans, the traction unit angular velocity acquisition to the line of the load gravity center, the presence of the main plane plowing process, irrational operating costs. In the proposed innovative method, the presence of instantaneous centers of speed and the positive influence of the load gravity center and its modules, with the proposed method of strapping, slinging, lifting and moving the load, is more effective and safe for work.

Ключевые слова: ГИДРОПОДЪЕМНИК, СТРОПОВКА, ПОДЪЕМ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРУЗА, МГНОВЕННЫЙ ЦЕНТР СКОРОСТИ, ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ ГРУЗА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ.

Key words: HYDRAULIC LIFT, SLINGING, LOAD LIFTING AND MOVING, INSTANTANEOUS VELOCITY CENTRE (IVC), LOAD GRAVITY CENTER, EFFICIENCY, SAFETY SYSTEM RELIABILITY.

При транспортировке людей и грузов подвесным монорельсовым транспортом в шахтах продолжают происходить аварии, травмы различной степени тяжести в результате падения дизель-гидравлического локомотива на почву горной выработки.

Исследованием установлено, что причина деформирования рамы крепления гидромотора состоит в следующем: груз, подвешенный на два гидроподъемника, не учитывает центр тяжести поднимаемого груза и расположение грузоподъемной силы гидроподъемника. Центр тяжести располагается между двумя гидроподъемниками, а массу груза распределяют равномерно на четыре, а иногда и на восемь монорельсовых кареток гидроподъемников. Угол между тяговыми цепями гидроподъемника и траверсами составляет 180 градусов и более (рис. 1), что категорически запрещено Правилами стропального дела. Критическим считается угол 120 градусов. При организации технологических работ грузоподъемного устройства (гидроподъемников) на подвесном монорельсовом транспорте в шахте Правила стропального дела не учитывают вообще (рис. 1).

Рассматривая движение качения в шахте, можно констатировать факт, что мгновенный центр скорости (МЦС) отсутствует. При плоскопараллельном движении качения обязательным условием является то, что груз и центр груза находятся на днище платформы тележки сверху на верхней параллельной плоскости, которая в свою очередь расположена параллельно основной плоскости. Например, это верхняя плоскость дороги, верхние плоскости головок рельс

или внутренние нижние полки двутавровой монорельсовой балки.

Платформы тележки кузова опираются на оси, а оси на ступицы, ступицы на колеса. Происходит движение качения во взаимодействии с наружным диаметром колеса и основной плоскопараллельной поверхностью – дорогой.

Плоскопараллельное движение качения – это обязательное условие наличия МЦС в точке Р контакта с дорогой, что характеризует само качение [1]. Составим план МЦС (рис. 2).

Рассмотрим плоскопараллельное движение качения роликоопор, отдельно взятой каретки на подвесном монорельсовом транспорте без груза (рис. 3).

Из рис. 3 видно, что в точке Р происходит качение роликоопор, которое характеризуется наличием МЦС в этой точке по монорельсовой балке с плоскопараллельным движением каретки.

На практике встречается еще такое движение, как плоскопараллельное движение волочение плюс плужение.

Рассмотрим основной вопрос по перемещению груза с помощью гидроподъемников и дизелевоза на подвесном монорельсовом транспорте в шахте.

В действующей конструкции гидроподъемников центр тяжести ниже самой монорельсовой балки и ее основных плоскостей. Тяговая сила дизелевоза находится в вертикальной плоскости к основным плоскостям монорельсовой балки. Равнодействующий перпендикулярный вектор VA от точки А соприкосновения силы тяги E и монорельсовой балки, действующей вдоль балки по направлению движения вектора скоро-

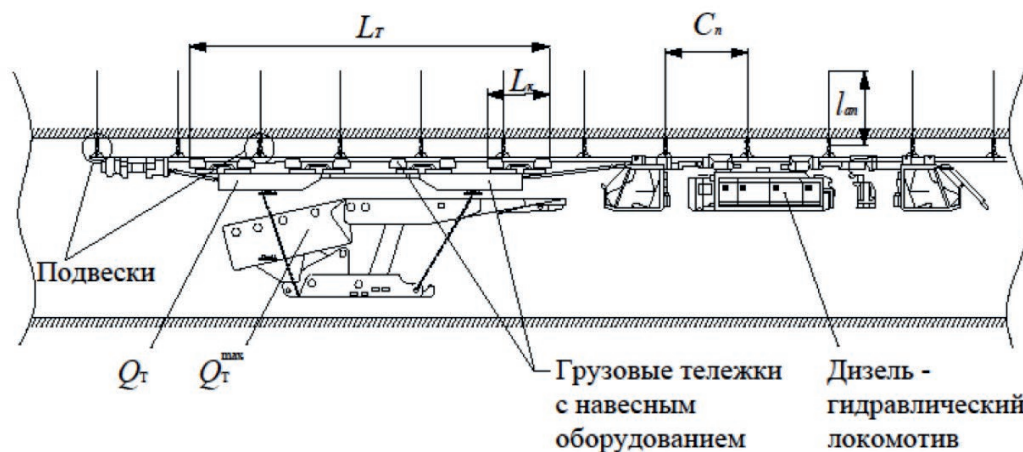


Рисунок 1. Действующая схема (способ) подвески груза грузоподъемным устройством (гидроподъемниками)
 Figure 1 - The current scheme (method) of cargo suspension by a device (hydro-lifters)

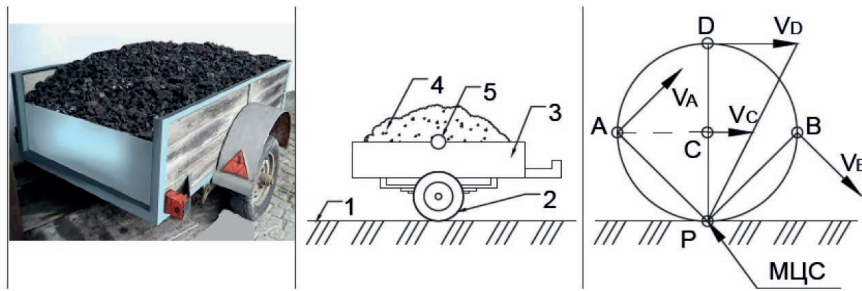


Рисунок 2. Прицеп, груженный углем: 1 - дорога; 2 - колеса; 3 - прицеп; 4 - груз; 5 - центр тяжести груза; план построения МЦС способом 1.

Figure 2 - Trailer loaded with coal: 1 - road; 2 - wheels; 3 - trailer; 4 - cargo; 5 - cargo gravity center; IVC construction plan, method 1.

сти V с откладыванием вектора VA до линии поступательного движения центра тяжести груза, который находится под монорельсовой дорогой. Параллельно вектору плужения AB , который откладывается от точки соприкосновения роликоопор монорельсовых кареток и внутренней поверхности нижней полки двутавровой монорельсовой балки, где не происходит качение, а происходит движение волочение (рис.4), плане определения МЦС, лежащей в точке P , стремится к бесконечности, что доказывает отсутствие качения.

Проведенными расчетами установлено, что при подъеме груза на наклонной горной выработке теряется до 55 % мощности двигателя на плужение и волочение. В схеме работы (рис.4) присутствует поступательное прямолинейное движение – происходит волочение четырех монорельсовых кареток, в которых на роликоопорах отсутствует вращение, и двух гидropодъемников, между которыми снизу подвешенный груз (не поднятый и зафиксированный

в пространстве, а подвешенный) в двух точках – это на соединительных пальцах, коромыслах и рабочих траверсах, а траверсы стали одно целое с грузом. Так сегодня подвешивают груз в шахтах.

И к ним же прикладывается тяговая сила дизельвоза, которая приложена в точках соприкосновения рабочих колес (вулколанов) гидродвигателей далеко впереди от груза. При этом груз находится внизу, под дорогой, и МЦС в точке P отсутствует [1].

Таким образом, при волочении присутствует и плужение, где дизельвоз стремится попасть на одну линию нахождения центра тяжести груза, будто бы груз волочили по почве с помощью любой тяговой установки, где центр тяжести груза и силы тяговой установки находятся на одной линии в одной плоскости [1] или плуг с тяговой установкой в одной плоскости, а сам лемех внизу под этой плоскостью.

Под действием этих сил происходит изгиб балки (рис. 5), отрыв анкерной системы подве-

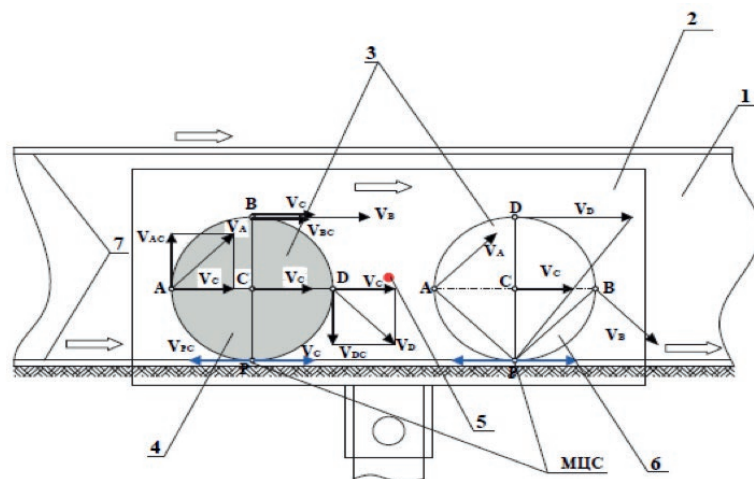


Рисунок 3. Схема монорельсовой каретки на подвесном монорельсовом транспорте без груза: 1 - монорельсовая балка; 2 - монорельсовая каретка; 3 - роликоопоры; 4 – способ 2 нахождения МЦС на левой роликоопоре; 5 – центр тяжести монорельсовой каретки; 6 – способ 1 нахождения МЦС на правой роликоопоре

Figure 3 - Scheme of a monorail carriage on an overhead monorail transport without cargo: 1 - monorail beam; 2 - monorail carriage; 3 - roller supports; 4 - method 2 of finding the IVC on the left roller support; 5 - monorail carriage gravity center; 6 - IVC finding method 1 on the right roller support

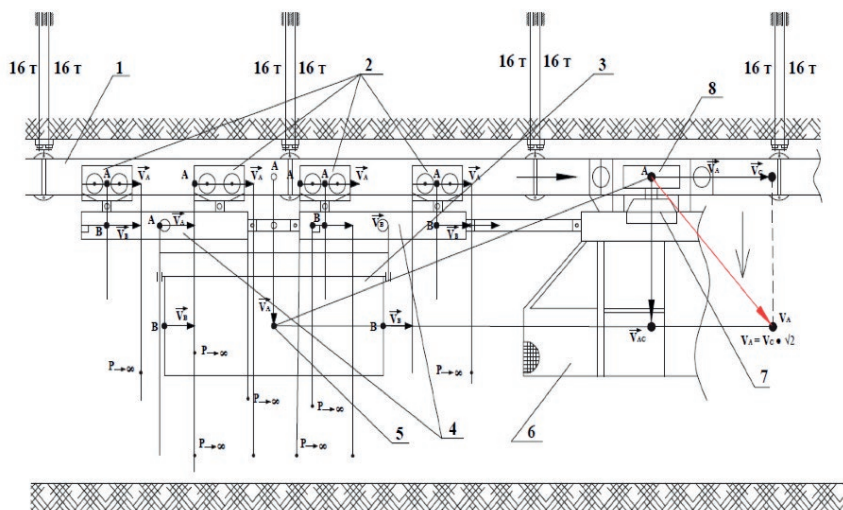


Рисунок 4. План определения мгновенного центра скоростей, где МЦС отсутствует, тяговые силы стремятся попасть на линию центра тяжести перевозимого груза: 1 – трасса подвесной монорельсовой балки; 2 – монорельсовые каретки; 3 – груз; 4 – гидropодъемники; 5 – центр тяжести груза; 6 – дизелевоз; 7 – гидropодъемник; 8 – рабочее колесо, вулкан

Figure 4 - The plan for determining the instantaneous velocity center, where the IVC is absent, the traction forces tend to fall on the gravity center line of the transported cargo: 1 - track of the suspended monorail beam; 2 - monorail carriages; 3 - cargo; 4 - hydraulic lifters; 5 - the cargo gravity center; 6 - diesel locomotive; 7 - hydraulic motor; 8 - rotor wheel, vulkollan

са монорельсовый дороги, поломки стрелочных переводов, колоссальный износ роlikоопор, приводных колес (вулканов), создается аварийная ситуация, увеличивается риск травмирования работников.

Учитывая это, предлагается новый инновационный способ строповки и перемещения грузов [2,3,4], где гидropодъемники являются грузоподъемным и несущим органом, а дизелевоз – это тяговая установка и только.

Рассмотрим предлагаемый способ перевозки груза на подвесном монорельсовом транспорте с учетом положения центра тяжести груза, а также наличием МЦС и плоско-параллельного движения твердого тела.

Предлагаемый способ строповки груза в горных выработках на подвесном монорельсовом транспорте обуславливает один гидropодъемник – одна единица перевозимого груза или два гидropодъемника и две единицы перевозимого груза. Построим план МЦС в точках P и направления мгновенно поступательного плоскопараллельного движения и рассмотрим воздействие тяговой установки дизелевоза на всю гидropодъемную перемещающую систему, включая сам груз и его центр тяжести (рис. 6).

В предлагаемом способе грузоподъемную силу располагают над центром тяжести груза, стропуют в 4-х местах с помощью уравнивающих блочков и 4-мя спаренными ветвевыми стропами. Груз поднимают одновременно. Как только груз оторвался от почвы, вся силовая составляющая сконцентрируется в одной точке.

При осуществлении подъема на поверхности от этой точки располагали бы четыре стропы одинаковой длины в виде пирамиды и в эту точку приложили подъемную силу подъемного крана, расположенную над центром тяжести, но в шахте невозможно пользоваться подъемным краном.

Благодаря модернизации способа строповки груза гидropодъемников с навесным оборудованием по технологии патента [2] осуществляется подъем и перемещение груза в стесненных условиях горной выработки. Переход на высокие критерии надежности системы безопасности и повышения производительности труда позволяет:

1. Снизить уровень аварийности и травматизма при доставке людей и транспортировке грузов подвесным монорельсовым транспортом в шахтах;

2. За счет снижения нагрузки в три раза на монорельсовую балку возможно избежать прогибов монорельсовой балки, отрыва анкеров, анкерного крепления, разрушение крепления горной выработки и негативных последствий динамических ударов;

3. Монорельсовые грузовые каретки гидropодъемников – основное оборудование подъемного сооружения. Разгрузив в три раза монорельсовые каретки каждого гидropодъемника, исключается интенсивный износ роlikоопор;

4. Гидropодъемники при использовании и эксплуатации способа строповки и перемеще-

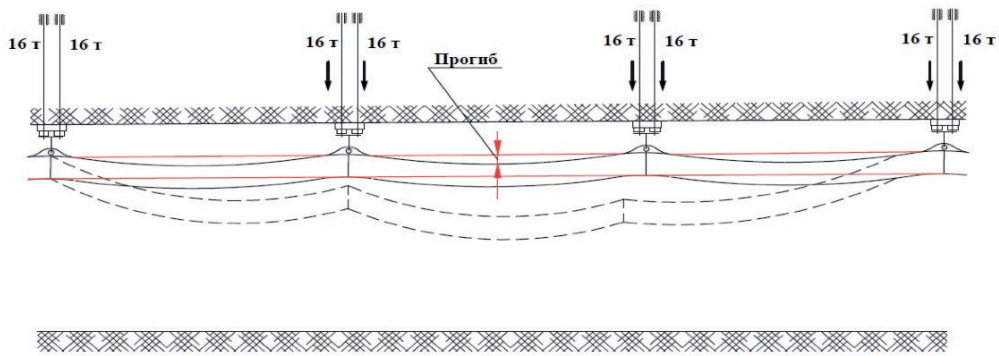


Рисунок 5. Отрыв анкерной крепи подвески монорельсовой балки, прогиб, деформация монорельсовой балки, аварийное положение
 Figure 5 - Monorail beam suspension anchor support breakaway, deflection, monorail beam deformation, emergency position

ния груза в горных выработках по патенту [2] с учетом центра тяжести груза и одномоментного подъема грузов дают возможность:

- в 12 раз снизить нагрузку на все механизмы и устройства самих гидроподъемников, строп, траверс, коромысел, крюков;
- увеличить в три раза грузоподъемность и в два раза грузопоток.

Использовать гидроподъемники как грузоподъемное гидравлическое устройство, грузоподъемное устройство, а не как транспортную

тележку.

5. Технология позволяет избавиться от вектора плужения;

6. Дизель-гидравлический локомотив – тяговый орган такой же, как лебедка подъемного сооружения: обеспечивает увеличение мощности дизель-гидравлического локомотива на 41,4 % на горизонтальных выработках по прямолинейному движению горной выработки и на 55,2 % при подъеме по горной выработке 15 град; позволит избежать перегрузок, перегрева и колос-

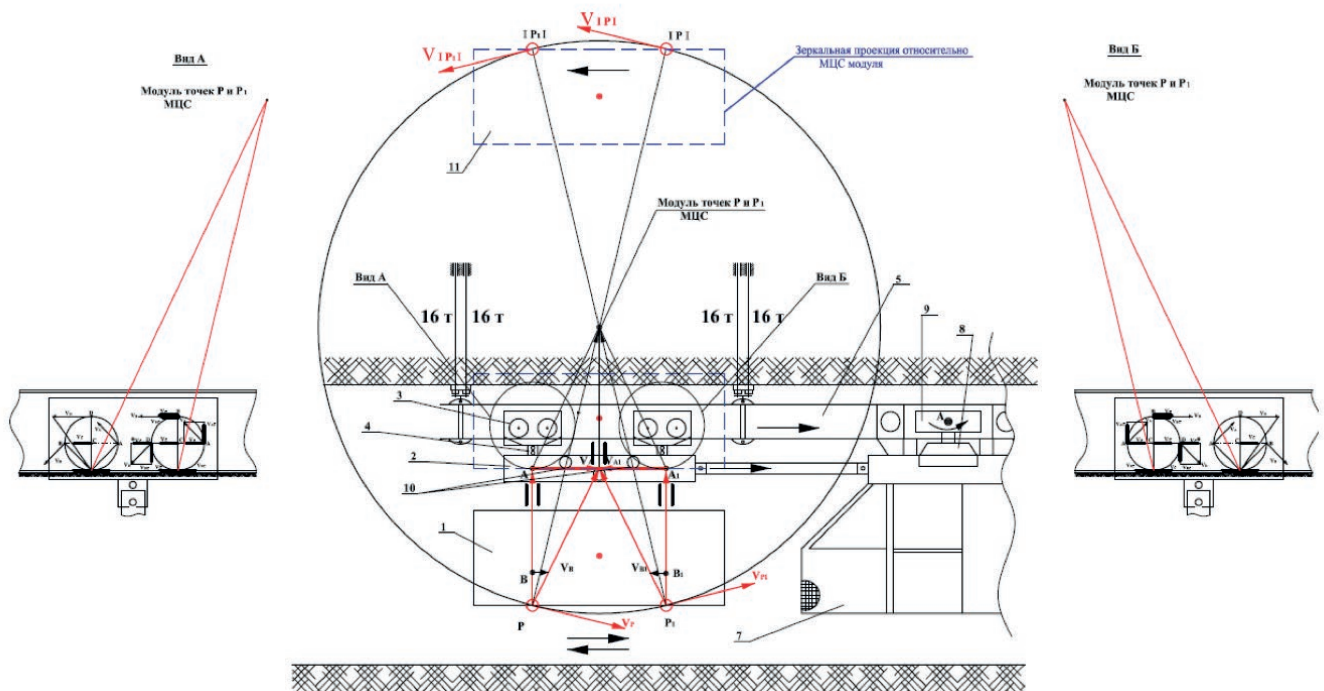


Рисунок 6. Определение плана МЦС предлагаемого инновационного способа перевозки груза на подвесном монорельсовом транспорте в шахте, в роликоопорах качение присутствует, МЦС схемы существует, где 1 – груз; 2 – гидроподъемник; 3 – монорельсовая каретка с роликоопорами; 4 – спаренный шарнир; 5 – монорельсовая балка; 6 – модуль груза; 7 – дизелевоз; 8 – гидродвигатель; 9 – рабочее колесо, вулколлан; 10 – уравнивательные блочки на вспомогательных и рабочей траверсах; 11 – модуль груза; вид А - левая монорельсовая каретка; вид Б - правая монорельсовая каретка

Figure 6 - IVC plan determination of the proposed innovative method of transporting cargo on suspended monorail transport in the mine, there is rolling in the carrying rollers, the scheme IVC exists, where 1 is the load; 2 - hydraulic lift; 3 - monorail carriage with carrying rollers; 4 - coupled hinge; 5 - monorail beam; 6 - cargo module; 7 - diesel locomotive; 8 - hydraulic motor; 9 - rotor wheel, vulcollan; 10 - leveling blocks on auxiliary and working traverses; 11 - cargo module; view A - left monorail carriage; view B - right monorail carriage

сального износа поршневой группы двигателя, динамических ударов, повышенного износа приводных колес (вулканов), всей гидросистемы дизель-гидравлических локомотивов; увеличится эффективность работы монорельсовой балки (дороги) с грузоподъемными устройствами (гидроподъемниками);

7. Технология позволит произвести плавный поворот по радиусу изгиба монорельса, в результате исключается поломка стрелочных переводов;

8. Экономить средства и время. Годовой экономический эффект на один дизель-гидравлический локомотив и два гидроподъемника по эксплуатационным затратам без учета стоимости монтажа/демонтажа комплексов механизированной крепи и забойного оборудования и стоимости дизель-гидравлического локомотива составит 19 млн. 660 тыс. руб. (эксплуатационные затраты, материальные ресурсы, ГСМ, затраты на СИЗ). Для Кузбасских шахт в год 5,5 млрд. руб. – экономия по запчастям, ГСМ. Прибавьте к этому экономию финансовых средств

от остановок производственных работ, убытки от аварий, травм, простоев, стоимости дизелей, которые приходится закупать гораздо чаще из-за нерационального использования, стоимости монорельсовой балки, которую чаще необходимо ремонтировать, усиливать, а также сумма штрафов, выписываемых контрольно-надзорными органами и т.п.

9. Не требуются дополнительные конструктивные изменения внутренней конструкции гидравлических подъемников (гидроподъемников, грузоподъемных устройств), дизель-гидравлических локомотивов и монорельсовой балки.

Таким образом, необходимо кардинально менять организационно-технологическую систему по подъему и перевозке груза в горных выработках на подвесном монорельсовом транспорте, исходя из уменьшения сопротивления при транспортировке груза, используя законы физики, теоретической механики, стропольного дела, законов качения и плоскопараллельного движения, инновационные технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клебанов Я. М., Черняховская Л. Б., Шабанов Л. А. Плоскопараллельное движение твердого тела. / Самара, – 2008. – 26. – С. 1-10.
2. Тарасов В. М., Тарасова А. В., Тарасов Д. В. Пат. 2333880 РФ. МПК В66С 1/12 (2006.01). Способ строповки грузов в горной выработке. Патентообладатель Тарасов В. М. № 2007130250/11; заявл. 07.08.2007; опубл. 20.09.2008, бюллетень № 26. – 10 с.
3. Тарасов В. М., Тарасова А. В., Тарасов Д. В. Тарасова Н. И. Пат. 2480396 РФ. МПК В66С 1/12 (2006.01). Монтажно-демонтажный способ строповки и транспортировки лавного конвейера в горной выработке. Патентообладатели Тарасов В. М., Общество с ограниченной ответственностью «Ривальс Современные Инновационные Технологии» (ООО «РивальСИТ»). № 2011148728/11; заявл. 29.11.2011; опубл. 27.04.2013, бюллетень № 12. – 10 с.
4. Модернизация гидроподъемников на подвесном монорельсовом транспорте / В. М. Тарасов [и др.] //Биржа интеллектуальной собственности. – 2015. – № 5. – С. 57-64.

REFERENCES

1. Klebanov, Ya. M., Chernyakhovskaya, L. B., & Shabanov, L. A. (2008). Ploskoparallelnoe dvizhenie tverdogo tela [Plane-parallel motion of a solid body]. Samara [in Russian].
2. Tarasov, V. M., Tarasova, A.V., & Tarasov, D. V. Pat. 2333880 of the Russian Federation. IASC B66C 1/12 (2006.01). Method of slinging loads in mines. Patent holder Tarasov V. M. № 2007130250/11; application. 07.08.2007; publ. 20.09.2008, Bulletin No. 26. – 10 PP. [in Russian].
3. Tarasov, V. M., Tarasov, A.V., Tarasov, D. V. Tarasov, N. I. Pat. 2480396 of the Russian Federation. IASC B66C 1/12 (2006.01). Assembling and disassembling method of slinging and transportation of a longwall conveyor in a mine opening. Patent Tarasov V. M., ООО "Rivals Modern Innovative Technology" (ООО "Rivulet"). No. 2011148728/11; application. 29.11.2011; publ. 27.04.2013, Bulletin No. 12. – 10 PP.[in Russian].
4. V.M., et al. (2015) Modernizatsia gidro-pod'emnikov na podvesnon monorelsovom transporte [Modernization of hydraulic lifts on suspended monorail transport]. Birzha intellektualnoi sobstvennosti -Intellectual property Exchange, 5, 57-64 [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.

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, Сосновый 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.

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



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 +7-903-943-0759
dtrubitsyna@gmail.com



ВостЭКО и
Горный-ЦОТ



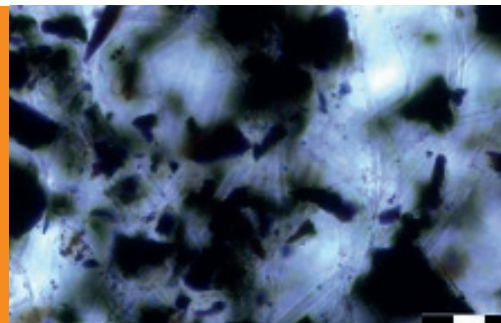
НАО НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

СЛОВО РЕДАКТОРА // EDITORIAL

- 5** Трубицына Н. Trubitsyna N.
5 Трубицына Н. Trubitsyna N.

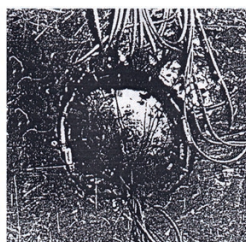
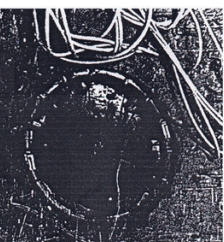
АКТУАЛЬНО // IMPORTANT

- 6** С.Б. Романченко, В.В. Соболев К вопросу исследования динамики рудничных аэрозолей с твердой дисперсной фазой
 S. B. Romanchenko, V. V. Sobolev On the issue of studying the dynamics of mine aerosols with a solid dispersed phase

**I. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ГЕОМЕХАНИКА // INDUSTRIAL SAFETY AND GEOMECHANICS**

- 16** В.Ю. Масаев, Ю.А. Масаев Исследование закономерностей взаимодействия элементов крепи при проходке горных выработок в угольных шахтах
 Yu.A. Msaev, V.Yu. Msaev Support elements' interaction regularities investigation when driving mine workings in coal mines

- 23** В.М. Тарасов, А.И. Фомин, Н.И. Тарасова, Д.В. Тарасов Неуправляемое опорное давление – негативный факт систем разработки месторождений угля подземным способом
 V. M. Tarasov, A. I. Fomin, N. I. Tarasova, D. V. Tarasov Uncontrolled support pressure is a negative fact of underground coal development systems



- 30** Ю.А. Масаев, В.Ю. Масаев, В.А. Карасев Исследование методом эквивалентных материалов работоспособности крепей при различных действующих нагрузках
 Yu.A. Msaev, V.Yu. Msaev, V.A. Karasev Supports under various acting loads performance investigation by the method of equivalent materials

II. ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ // FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY

- 37** А.И. Фомин, Д.А. Бесперстов, А.А. Моисеев, Н.Н. Турова Про-филактика нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности на угольных предприятиях Кузбасса
 A. I. Fomin, D.A. Besperstov, A.A. Moiseev, N.N. Mandatory requirements' violation prevention in the field of fire safety at the coal enterprises of Kuzbass

- 44** Е.Д. Михайленко, А. И. Фомин. Управление персоналом угледобывающего предприятия по критерию влияния на человеческий фактор
 Ye.D.Mikhailenko, A.I. Fomin. Personnel management of a coal mining enterprise according to the human factor influence criterion

- 51** А.И. Фомин, Т.В. Грунской, Сравнительный анализ профессиональной заболеваемости на предприятиях добывающих отраслей промышленности Кемеровской области –Кузбасса и республики Коми
 A.I. Fomin, T.V. Grunskoy Comparative analysis of professional morbidity at extracting industry enterprises of Kemerovo region - Kuzbass and the republic of Komi

- 57** В.В. Утюганова, Н.О. Ковальковская, А.И. Фомин, В.С. Сердюк Формирование понятийного

аппарата и обоснование выбора метода прогнозирования профессиональных рисков в горной отрасли
 V. V. Utiuganova, N.O. Koval'kovskaia, A.I. Fomin, V.S. Serdiuk Formation of a conceptual apparatus and professional risks' forecast method choice proof in the mining industry

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

70 В.С. Бабков, В. Н. Костеренко, С.Б. Путин. Исследование потенциальной возможности продолжения дыхания в изолирующем самоспасателе с химически связанным кислородом после перерыва в его работе
 V.S. Babkov, V.N. Kosterenko, S.B. Putin. The study of continuing breathing in self-contained self-rescuer with chemically bond oxygen after the interruption of its work

83 Е.Б. Гридина, А.К. Мирошниченко Устранение очагов самовозгораний угля на основе использования торфяных пожарных стволов
 E.B. Gridina, A.K. Miroshnichenko Coal self-ignition foci suppression based on peat fire nosepieces use

87 В.М. Тарасов, А.И. Фомин, Н. И. Тарасова, Д. В. Тарасов Повышение надежности безопасной эксплуатации грузоподъемных устройств в шахте
 V. M. Tarasov, A. I. Fomin, N. I. Tarasova, D. V. Tarasov Increased reliability safe use of lifting devices in the mine

93 ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ МАТЕРИАЛАМ // ADVERTISING MATERIALS REQUIREMENTS

94 ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ // DEMANDS TO ARTICLES

96 СОДЕРЖАНИЕ // CONTENT



Подписано в печать 15.03.2021. Тираж 1000 экз. Формат 60x90 1/8.
Выпуск 1-2021, дата выхода в свет 25.03.2021
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.