

В Е С Т Н И К

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

Научно-технический журнал



Кемерово

4-2017

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

DOI 10.26631/issn.2072-6554

№ 4-2017

Выходит 4 раза в год

Подписной индекс
в Каталоге Агентства
«Роспечать» 2017 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 издателя и редакции:

650002, Россия, Кемеровская область,

г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1

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

Компьютерная верстка *Д.А. Трубицына, М.В. Ярош*

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.freelimages.com, www.unsplash.com и
www.graphicriver.net

16+

© ООО «ВостЭКО», 2017

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

Главный редактор: Н. В. Трубицына

Редакционная коллегия:

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

А. С. Ярош – заместитель главного редактора,
генеральный директор АО «НИИГД», канд. техн.
наук

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

А. М. Брюханов - и.о. председателя
Государственного комитета Гортехнадзора ДНР,
д-р техн. наук

Д. В. Исламов - депутат ГД ФС РФ, кандт. 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, чл.-корр. РАН, д-р хим. наук, проф.

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

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

В. С. Зыков – главный научный сотрудник
Кемеровского представительства АО «ВНИМИ»,
д-р техн. наук, проф.

Д. А. Трубицына – выпускающий редактор ООО
"ВостЭКО"

М. В. Ярош – редактор ООО «ВостЭКО»

INDUSTRIAL SAFETY

Scientific-technical journal

Kemerovo

4 - 2017

INDUSTRIAL SAFETY

ISSN 2072-6554

DOI 10.26631/issn.2072-6554

№ 4-2017

Is issued 4 times a year

Subscription index

in «Rospechat» Agency

Catalogue: Year 2017 – 35939

JOURNAL 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 TITLE 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 journal:
Co Ltd «VostEKO»**

Address of the publisher and editors:

650002, Russia, Kemerovskaja oblast, Kemerovo, Sosnovyi bd., 1.

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

Tel. 77-86-62, 64-26-51.

e-mail: yarosh_mv@mail.ru

dtrubitsyna@gmail.com

www.ind-saf.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», 2017

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, CEO of PC “Scientific Research Mine Rescue Institute”, candidate of technical sciences

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 - Acting Chairman of the State Committee Gortehnadzora DNR, doctor of technical sciences

D. V. Islamov - deputy of the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation, candidate 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, corresponding member of RAS, doctor of chemical sciences, Professor

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

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

V. S. Zykov – the chief scientific worker of Kemerovo AO «VNIMI» office, doctor of technical sciences, professor

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

M. V. Yarosh – OOO «VostEKO» editor



Уважаемые авторы, партнёры и читатели!

Последний номер «Вестника» в уходящем году демонстрирует результаты усилий редакционной коллегии по популяризации издания, расширению круга авторов, охотно сотрудничающих с ним.

Открывает этот номер по традиции раздел «Актуально». Он представлен двумя публикациями, одна из которых интервью депутата Государственной Думы, кандидата технических наук Д.В. Исламова. Автор рассматривает ключевые задачи отрасли в рамках разработанной стратегии промышленной безопасности. Разговор с читателями идёт на стыке экономики, права и законодательных инициатив. Во второй рассмотрены вопросы комплексного освоения недр, различные аспекты фундаментальных и прикладных исследований в этом направлении, что является основой деятельности ИПКОН РАН. Этот материал подготовлен коллективом авторов под руководством доктора технических наук, директора Института и член-корреспондента Российской академии наук В.Н. Захарова. Они акцентируют внимание наших читателей на результаты совместных усилий государства, академических и отраслевых научных центров, вузовской науки, проектных организаций и горнопромышленников по снижению производственного травматизма в горнодобывающем секторе экономики России.

Представляет несомненный интерес в разделе "Промышленная безопасность и геомеханика" статья докторов технических наук ФИЦ УУХ СО РАН Н.В. Черданцева и А.В. Шадрина по решению задачи о распространении в массиве горных пород одиночной трещины, наполненной под давлением жидкостью.

В разделе "Пожарная и промышленная безопасность" в статье, написанной в соавторстве кандидатом технических наук Я.С. Ворошиловым и Д.А. Трубицыной, актуализируются проблемы одного из самых важных направлений деятельности, суть которого передаёт в полной мере название данного тематического раздела «Вестника». В материале подведены первые итоги масштабной семилетней исследовательской работы по разработке метода и средства контроля интенсивности пылеотложений для повышения уровня пылевзрывобезопасности горных выработок угольных шахт.

Особо подчеркну, что этот номер журнала, как, впрочем, и все другие стал стартовой площадкой для ознакомления с идеями молодых учёных.

Вместе с тем, по прежнему находясь в Перечне ВАК, в 2017 году «Вестник» окончательно стал «своим» в цифровом пространстве. Само издание, его авторы и статьи индексируются лучшими мировыми каталогами и наукометрическими базами. Поэтому доступ к публикациям и их цитируемость возросли в разы. Естественно, это стало позитивным фактором для укрепления контактов редакции, как с отечественным, так и зарубежным научным и академическим окружением.

В 2018 году, мы рассчитываем ещё выше поднять планку издания. Поэтому, поздравляя наших читателей, авторов и партнёров с Новым годом, мы желаем счастья, здоровья, благополучия и новых горизонтов вместе с «ВЕСТНИКОМ»!

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

В ФАРВАТЕРЕ РАЗРАБОТАННОЙ СТРАТЕГИИ IN THE WAKE OF THE DEVELOPED STRATEGY

Проблемы обеспечения промышленной безопасности в угольной отрасли на протяжении уже длительного времени остаются открытыми. Минимизация риска аварий, снижение тяжести последствий путем предотвращения крупных аварий и катастроф является в настоящее время одним из наиболее актуальных вопросов.

The problems of ensuring industrial safety in the coal industry have been open for a long period of time. Minimizing the risk of accidents, reducing the severity of the consequences by preventing major accidents and disasters is currently one of the most pressing issues.

На сегодняшний день эффективность решения проблем в области промышленной безопасности может гарантировать только системный подход, учитывающий весь комплекс факторов возникновения аварий и катастроф. Эту позицию разделяют учёные, менеджеры-производители, представители надзорных структур и эксперты.

Проводимая на сегодняшний день государственная политика в области промышленной безопасности подтверждает актуальность данного подхода в решении проблем, связанных с предотвращением катастроф и аварий на угольных

предприятиях.

Более детально об общегосударственном подходе в решении сложившейся проблемы научно-техническому журналу «Вестник Научного центра по безопасности в угольной промышленности» рассказал депутат Государственной Думы Российской Федерации, заместитель председателя Комитета Государственной Думы по энергетике, кандидат технических наук Дмитрий Исламов, при участии которого была разработана Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области на период до 2025 года, создан Кузбасский технопарк.

Как отмечает Дмитрий Исламов, «в настоящее время обеспечение безопасности в угольной отрасли проходит по двум основным направлениям: обеспечение промышленной и экологической безопасности. Особая роль в этом вопросе отведена внедрению и проведению непрерывного мониторинга с использованием автоматических средств измерений и учета как пылевых отложений, так и для контроля социально-гигиенических, экологических показателей.

Для роста уровня безопасности требуется новое технологическое оборудование, активное внедрение инновационных проектов в рамках реализации программы по импортозамещению. На сегодняшний день реализуется «Программа по обеспечению дальнейшего улучшения условий труда, повышения безопасности ведения горных работ,

снижения аварийности и травматизма в угольной промышленности, поддержания боеготовности военизированных горноспасательных, аварийно-спасательных частей на 2017 - 2019 годы» (утв. Минэнерго России, Минтрудом России, МЧС России, Ростехнадзором, НП ОО-ОРУП 20.12.2016). Во исполнение указанной Программы Ростехнадзор внес изменения в Приказ от 19.11.2013г. №550 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах», вступившие в силу в конце мая текущего года, в частности в пункт 187. Так, «контроль пылевзрывобезопасности горных выработок в местах интенсивного пылеотложения осуществляют посредством непрерывного мониторинга пылевых отложений переносными и стационарными средствами измерений утвержденного типа, прошедшими поверку, с выводом информации в диспетчерский пункт шахты». В целях максимального исключения человеческого фактора при принятии оперативных и управленческих решений и минимизации присутствия персонала в местах ведения горных работ в 2018-2019 г.г. согласно названной Программе Ростехнадзору необходимо внести изменения в Положение об аэрогазовом контроле в угольных шахтах. Также Ростехнадзор, как ответственный федеральный орган исполнительной власти, в период 2017-2019 г.г. должен разработать и утвердить Руководство по безопасности «Методические реко-



Исламов Д.В. Депутат Государственной Думы Российской Федерации, к.т.н.
Islamov D.V. Deputy of the State Duma of the Russian Federation, Candidate of Technical Sciences

мендации по созданию и развитию многофункциональной системы безопасности на угольных шахтах».

В своем разговоре Дмитрий Исламов дополнительно акцентировал внимание, что «не стоит забывать и о реализации «Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» (утв. Распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 №2227-р). При этом органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации согласно названной Стратегии рекомендовано учитывать ее положения при принятии в пределах своей компетенции мер по стимулированию инновационной деятельности в субъектах Российской Федерации».

Так, с 2007 года в столице Кемеровской области работает Кузбасский технопарк, созданный по федеральной программе, который входит в число двенадцати технопарков в сфере высоких технологий.

Технопарк стал ядром региональной инновационной системы. На сегодняшний день действуют бизнес-инкубатор и производственно-лабораторный корпус, в которых размещены 45 компаний, связанных с инновационной деятельностью.

Для поддержки инновационных предприятий в Кемеровской области принят пакет законодательных актов. По областным законам предприниматель, который занимается инновациями, может получить максимально возможные налоговые льготы, субсидии, гранты – всего свыше 20 областных мер поддерж-

ки.

В 2012 году Кузбасский инновационный территориальный кластер «Комплексная переработка угля и техногенных отходов» вошел в федеральный перечень 25 пилотных инновационных кластеров, утвержденный Распоряжением Правительства Российской Федерации.

Для координации работы участников этого и других кластеров (биотехнологического, агропромышленного, туристического) в июле 2014 года при Кузбасском технопарке создан Центр кластерного развития, а для поддержки малого и среднего предпринимательства в части модернизации, производства и внедрения новых технологий – организован Региональный центр инжиниринга.

За девять лет Экспертным Советом технопарка рассмотрено 112 инновационных проектов, из которых более 60 одобрены. На реализацию этих проектов резидентами технопарка с 2008 года привлечено более 21 миллиарда рублей инвестиций.

Например, компания «ВИСТ Групп» реализует первый в России и СНГ проект «Интеллектуальный карьер» – организация открытой добычи угля и других полезных ископаемых без присутствия людей. В рамках проекта на опытном полигоне «БелАЗа» успешно проведены испытания роботизированного карьерного самосвала, по результатам которых «ВИСТ Групп» стала основным поставщиком бортового оборудования для автосамосвалов.

Клиентами компании являются горнодобывающие предприятия России, Казахстана, Монголии и Украины.

В учебном центре «ЕВРАЗ ГРУПП» в Новокузнецке разработаны и уже действуют в течение пяти лет уникальные 3D-тренажеры для обучения подземных рабочих разных специальностей. Они в деталях имитируют забой и происходящие в нем процессы, что позволяет обучать горняков на более высоком уровне и тем самым повысить безопасность горно-шахтных работ.

Тренажеры, разработанные специалистами «ЕВРАЗ ГРУПП», не имеют аналогов в России.

Компания «Горный-ЦОТ» разработала суперсовременные приборы контроля атмосферы в угольном забое. Если раньше на получение жизненно важных для безопасности шахтеров анализов уходило сутки, то компактные приборы кемеровской компании позволяют сделать это в течение десяти минут – под землей, непосредственно в забое. В настоящее время эти приборы поставляются на все угольные предприятия России и стран СНГ.

Данные направления деятельности однозначно перспективно и отвечает разработанной стратегии и государственной политике в области промышленной безопасности на угольных предприятиях, осуществляющих подземную добычу твердого топлива.



Д. В. Исламов // D. V. Islamov
islamov@duma.gov.ru

канд. техн. наук, Депутат Государственной Думы Российской Федерации от Кемеровской области, Заместитель Председателя Комитета по энергетике Государственной Думы Российской Федерации, Россия, 103265, г. Москва, ул. Охотный ряд, 1
candidate of technical sciences, Deputy of the State Duma of the Russian Federation from the Kemerovo Region, Deputy Chairman of the Committee on Energy of the State Duma of the Russian Federation, 103265, Moscow, ul. Okhotny Ryad, 1



А. В. Силинин // A. V. Silinin
technopark@technopark42.ru

канд. физ.-мат. наук, Генеральный директор АО «Кузбасский технопарк», Россия, 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1
candidate of physical and mathematical sciences, general director of JSC "Kuzbass Technopark", Russia, 650002, Kemerovo, Sosnovy boulevard, 1



В. Н. Захаров // V. N. Zakharov
Direct.coal@mail.ru

д-р техн. наук, чл.-корр. РАН, директор ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
doctor of technical sciences, correspondent member of RAS, director of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4



А. З. Варганов // A. Z. Vartanov
Direct.coal@mail.ru

канд. техн. наук, заместитель директора ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
candidate of technical sciences, deputy director of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4



О.Н. Малинникова // O.N. Malinnikova
Direct.coal@mail.ru

д-р техн. наук, заведующая лабораторией ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
doctor of technical sciences, laboratory head of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4



И. В. Петров // I. V. Petrov
Direct.coal@mail.ru

д-р экон. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
doctor of economic sciences, leading researcher of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4



А. В. Федаш // A. V. Fedash
Direct.coal@mail.ru

д-р техн. наук, руководитель отдела ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук» (ИПКОН РАН), Россия, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
doctor of technical sciences, department head of FGBUN "Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources" named after academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences" (ICEMR RAS), Russia, 111020, Moscow, Kriukovsky tupik, 4

УДК 622.8

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ – ЗАДАЧА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУКИ MINING OPERATIONS' SAFETY PROVISION – FUNDAMENTAL AND APPLIED SCIENCE TASK

Рассмотрены этапы становления современной российской научной школы комплексного освоения недр, основные направления которой сконцентрировались в Институте проблем комплексного освоения недр. Представлены основные направления научной деятельности ИПКОН и наиболее важные результаты фундаментальных и прикладных исследований, которые являются научной базой современных исследований связанных с обеспечением безопасности недропользования. Выделена важность исследования взаимодействия угля с метаном, газодинамических явлений в угольных шахтах, технологий дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана, математического моделирования и решения задач в области напряженно-деформированного состояния, прочности, механики разрушения, теплопроводности, гидромеханики, вынужденных колебаний и т.п. Проведен анализ результативности совместных усилий государства, академических и отраслевых научных центров, вузовской науки, проектных организаций и

горнопромышленников по снижению производственного травматизма в горнодобывающем секторе экономики России. Определена необходимость целенаправленных мер по переходу на новый технико-технологический и нормативный уровень ведения горных работ, позволяющий предотвращать аварийность с массовым смертельным травматизмом. Решение этих задач возможно только путем объединения усилий профильных институтов Российской академии наук, отраслевой науки, университетов и горнодобывающих компаний через реализацию Комплексного плана научных исследований «Безопасность горных работ», координатором которого является ИПКОН РАН.

The stages of the modern Russian scientific school of comprehensive exploitation of mineral resources formation, the main directions of which were concentrated in the Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources are considered. The main directions of ICEMR scientific activity and the most important results of fundamental and applied research are presented, which are the scientific basis of modern research related to the safety of mineral reserves use provision. The importance of studying the coal and methane interaction, gas dynamic phenomena in coal mines, coal seam degassing technologies and mine methane utilization, mathematical modeling and solving problems in the field of stressed-deformed state, strength, fracturing mechanics, thermal conductivity, hydromechanics, forced vibration, etc. are outlined.

The effectiveness analysis of the state, academic and industrial branch scientific centers, university science, design organizations and mining companies joint efforts to reduce industrial injuries in the mining sector of the Russian economy is conducted. The need for targeted measures to move to new technical-technological and regulatory levels of mining, allowing to prevent the accidents with massive fatal injuries, was determined. The solution of these tasks is possible only by combining the efforts of the specialized institutes of the Russian Academy of Sciences, of the branch science, of universities and mining companies through the implementation of the "Mining Safety" Scientific Research Comprehensive Plan, coordinated by ICEMR RAS.

Ключевые слова: БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАБОТ, НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ, МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ КОМПЛЕКС, ДЕГАЗАЦИЯ, МЕТАН, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД, ГОРНЫЙ АУДИТ, НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
Key words: MINING SAFETY, SCIENTIFIC RESEARCH, MINERAL RESERVES USE, MINERAL-RAW MATERIAL COMPLEX, DEGASSING, METHANE, MATHEMATICAL MODELLING, SCIENTIFIC AND TECHNICAL EXPERTISE, RISK-ORIENTED APPROACH, MINING AUDIT, NORMATIVE-LEGAL REGULATION

Проблемы обеспечения безопасности горных работ всегда стояли перед Российскими учеными, и начиная с 1934 года, когда в рамках Технического совета была создана Горнорудная секция Академии наук СССР, которую возглавил профессор и будущий академик А. М. Терпигорев, они стали решаться в рамках фундаментальных научных исследований, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых. В 1935 году в рамках деятельности Группы горного дела, председателем которой становится Академик

А.А. Скочинский, проводились работы по накоплению и обобщению практического опыта горнодобывающей промышленности в стране и за рубежом, обоснованию направлений и методов исследований на предприятиях по сокращению потерь при добыче и переработке полезных ископаемых, проблемам управления кровлей, предотвращению рудничных пожаров, исследованию причин внезапных выбросов угля и газа, изучению газообильности угольных шахт.

15 октября 1938 года Президиум Академии наук принял решение об организации в составе Отделения технических наук на базе Группы горного дела Института горного дела АН СССР (ИГДАН) с направлениями исследований

в области: методов извлечения полезных ископаемых, тепловых и пирогенных процессов в подземных выработках, рудничной аэрологии и вентиляционных процессов, механики горных пород и горной механики. Директором института был избран академик А.А. Скочинский, многократно переизбиравшийся на этот пост до своей кончины в 1960 году.

Институт горного дела АН СССР занял ведущее положение в стране в области горных наук, а горные науки были признаны одной из важнейших отраслей знаний и заняли достойное место в академической системе. Это явилось основанием для создания институтов горного профиля в филиалах АН СССР, а также республиканских академиях наук. Создание горно-геологических институтов в Уральском, Западно-Сибирском филиалах АН СССР, а также в академиях наук Грузии, Казахстана, Киргизии, Украины способствовало повышению уровня и расширению научных исследований в области горных наук.

В 1967 году Государственный комитет по науке и технике СМ СССР принял предложения АН СССР о проведении дополнительных научно-исследовательских работ в области физико-технических горных проблем, которые были поручены

чены Институту физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР, где постановлением Президиума АН СССР 20 апреля 1967 года был организован Сектор физико-технических горных проблем. Инициатором создания, основным организатором и руководителем Сектора был академик Н. В. Мельников. Большое участие в его формировании также приняли академик М. А. Садовский и член-корр. АН СССР В. В. Ржевский. Президиум Академии наук СССР постановлением от 15 сентября 1977 года организовал при Отделении геологии, геофизики и геохимии АН СССР Институт проблем комплексного освоения недр АН СССР на базе Сектора физико-технических горных проблем Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР и утвердил основные направления научных исследований Института.

Обладая высококвалифицированным составом научных руководителей, сотрудников и современной исследовательской базой, ИПКОН в короткие сроки поднялся до уровня высокоавторитетного научного центра по проблемам горных наук. Научная деятельность ИПКОН строилась исходя из приоритетных направлений, в том числе программы базового финансирования «Недра Земли» РАН, по которым проводятся исследования в следующих областях:

- геомеханическое преобразование недр и предупреждение техногенных катастроф;
- нетрадиционные экологически безопасные методы разрушения массивов горных пород;
- аэрогазопылединамическое обеспечение комплексного и безопасного освоения месторождений твердых полезных ископаемых;
- методы проектирования, факторный анализ и прогноз освоения месторождений;
- методы равновесного (экологически сбалансированного) природопользования и разработка природоподобных геотехнологий освоения недр;
- определение экономических параметров и комплексная оценка геосистем;
- новые информационные технологии в изучении недр;
- оптимизация параметров геотехнологий при комплексном освоении и сохранении недр, в том числе с роботизированной высокочемкой доставкой горных пород;
- проблемы безопасности производства со взрывоопасной атмосферой;
- новые экологически безопасные процессы и технологии комплексной переработки труднобогатых руд и минерального сырья;
- физические и химические процессы водоподготовки и извлечения полезных компонен-

тов из при-родных и техногенных вод.

Коллективом ученых ИПКОН РАН получены важные результаты фундаментальных исследований в области горных наук, оказывающие прямое влияние на решение проблем безопасности горных работ.

В области геомеханики выявлены закономерности распределения напряжений и перемещений пород в зонах влияния отработанных участков массива в условиях неравнокомпонентного исходного горного давления. Созданы научные основы и разработаны способы техногенного воздействия на породный массив с целью направленного изменения его состояния для обеспечения безопасного и эффективного освоения недр, дана классификация способов управления геомеханическими процессами.

В результате исследований процесса разрушения массивов горных пород под действием взрывных нагрузок разработаны методы управления распределения энергии взрыва в отбиваемом массиве. На основе теоретических разработок создана эффективная технология взрывной отбойки руды пучковыми рядами при подземной добыче.

Выявлен механизм и составлена модель процесса разрушения горных пород струями химически активных и магнитных жидкостей, что послужило базой для создания нетрадиционных высокоэффективных способов и технологий выемки твердых полезных ископаемых.

В области горной аэрогазопылединамики разработана методология прогнозирования газоносности угольных пластов, рудоносных формаций и вмещающих пород, геологической и технологической приуроченности аномальных по составу и интенсивности выделений взрывоопасных газов при освоении месторождений твердых полезных ископаемых.

Установлено новое физическое явление – свойство органического вещества каменного угля образовывать с метаном метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов, что позволяет по-новому подойти к оценке выбросоопасности газоносных пластов и разработке эффективных средств и мероприятий дегазации. Обоснованы принципы и параметры целенаправленного управления искусственной дегазацией выбросоопасных угольных пластов.

Установлены закономерности пылесвязывающих свойств воды и гидрообеспылевающих процессов, выявлены возможности физических методов для измерения запыленности атмосферы и определения пылевой нагрузки на человека.

Разработаны принципы системного подхода и теоретического моделирования при проектировании подземных рудников в условиях комплексного освоения недр; созданы научные основы рационального освоения и охраны недр, сформулированы показатели полноты и комплексности извлечения твердых полезных ископаемых из недр; предложена система оценок техногенной нагрузки на окружающую природную среду и экологической опасности такой нагрузки; построены программные макеты автоматизированных информационных систем для решения геолого-маркшейдерских задач и планирования горных работ [3-5].

В области геотехнологии созданы научные основы малоотходных, ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих технологий комплексного освоения природных и техногенных минеральных объектов, разработаны новые методы оценки экономической эффективности освоения месторождений и участков недр для подземного строительства с учетом устойчивости создаваемых объектов и предприятий в условиях нехватки финансовых средств и нестабильности спроса на сырьевых рынках [7, 14, 15, 17].

Определена область применения малоотходной технологии с внутренним отвалообразованием на глубоких карьерах. Развита методика оценки устойчивости открытых горных выработок и отвалов с учетом главного влияющего фактора – бокового распора.

Разработаны новые и усовершенствованные существующие методы определения геотехнологических параметров, характеризующих рациональное извлечение запасов из недр; установлены взаимосвязи между параметрами добычных работ, эксплуатационными условиями на минеральное сырье и рациональным уровнем полноты и качества извлечения при отработке запасов, имеющих промышленное значение.

Созданы научные основы проектирования и применения на карьерах нового мобильного оборудования. Разработаны сейсмический способ определения механической рыхлости породных массивов и научно-методические основы цифровой их сейсмометрии. Предложена система автоматизированного проектирования параметров буровзрывных работ на карьерах, базирующаяся на оперативном картировании взрывааемых блоков.

Научно обоснованы эффективные и безопасные технологии добычи руд на больших глубинах на основе принципа активного воздействия на разрабатываемый рудный массив,

придания несущим конструкциям и подрабатываемой толще заданной искусственной податливости. Данный принцип использован при создании вариантов сплошной системы разработки с закладкой, успешно применяемых на рудниках Норильского ГМК.

Создана новая технология выемки раздельных массивов в условиях повышенной удароопасности руд и пород на глубоких рудниках. Дальнейшее развитие получила технология разработки жильных месторождений на базе комплексной механизации работ и вывода человека из опасных по условиям труда зон применительно к золоторудным и плавиковошпатовым месторождениям. Подведена научно-методическая база под определение рациональных параметров и схем вскрытия жильных месторождений.

Обоснованы приоритетные направления фундаментальных исследований и научно-технического прогресса в процессах добычи и переработки угля на перспективу. Разработаны основные положения методологии комплексного освоения угольных месторождений, предусматривающей технико-экономическую оптимизацию объемов и номенклатуры готовой продукции из извлекаемых георесурсов и использование вновь создаваемых ресурсов недр [16, 18, 19].

В целом можно констатировать, что в настоящее время сформировался особый стиль деятельности ИПКОН РАН – уникальность тематики решаемых проблем и методов исследований, сочетание научно-методологических подходов с широким выходом на практику, комплексность в изучении технологических, экологических, экономических и других проблем освоения недр Земли. Эти результаты явились научной базой современных исследований Института в направлении обеспечения безопасности ведения горных работ и участия ученых ИПКОН РАН в разработке информационно-технических справочников наилучших доступных технологий добычи и обогащения минерально-сырьевых ресурсов [6, 7].

В настоящее время наибольший интерес представляют исследования взаимодействия угля с метаном, динамики газоотдачи угля при сбросе давления метана, определения отличий в структуре выбросоопасных и невыбросоопасных углей и др. исследованиям в области борьбы с газодинамическими явлениями в угольных шахтах – внезапными выбросами угля и газа, борьбе с рудничными газами, работы по обоснованию технологий дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана [20-22, 8].

Важность этих направлений обусловлена тем, что современные шахты характеризуются высокой скоростью проходки подготовительных горных выработок и подвигания очистных забоев, что существенно осложняет общую обстановку на газоносных угольных пластах [9]. При высокой скорости отработки призабойная зона пласта не успевает дегазироваться, основное газовыделение происходит при отбойке и продолжается еще некоторое время, что повышает опасность загазирования выработок, приводящего к угрозе взрывов в угольных шахтах. Кроме того, интенсификация ведения очистных и проходческих работ существенно повышает выбросоопасность забоев горных выработок, при этом одним из важнейших мероприятий снижения выбросоопасности остается предварительная дегазация массива.

Под руководством чл.-корр. РАН А. Д. Рубана в 2007-2012 г.г. была проведена большая работа «Разработка интегрированной технологии извлечения и утилизации шахтного метана в процессе разработки высокогазоносных угольных пластов подземным способом» с СУЭК-Кузбасс. Был разработан «Промышленный регламент интегрированной технологии извлечения и утилизации шахтного метана» [1]. Проверка положений, изложенных в Промышленном регламенте, выполнена на шахте им. С. М. Кирова (ОАО «СУЭК-Кузбасс») при отработке пластов Болдыревский и Поленовский. В результате на шахте им. С. М. Кирова была внедрена комплексная система дегазации источников метановыделения на выемочных полях с использованием новых способов дегазации разрабатываемых и сближенных угольных пластов, обеспечивающих эффективность дегазации участка 60-70 %, и в результате утилизации каптированного метана был погашен постоянно горящий факел. Теперь весь извлеченный из угля метан сжигается в котельной, при этом шахта получает тепло и электроэнергию.

В этот же период были существенно развиты направления геофизических методов контроля состояния массива горных пород. Была разработана усовершенствованная версия автономного шахтного регистратора РСШ. Регистратор прошел испытания, получено заключение о соответствии требованиям безопасности. Новая версия позволяет создавать многоканальные сейсморазведочные станции на базе РСШ с возможностью наращивания до 1000 и более каналов. Таким образом, без прокладки кабельных линий и измерительных кос появилась возможность реализации абсолютно произвольных

схем наблюдений. Компактность и малый вес обеспечивают мобильность измерений, и не требуются транспорт для доставки к месту проведения работ, что существенно расширяет потенциал исследовательской деятельности. Областью применения регистратора РСШ являются горные выработки, в том числе опасные по газу и пыли [2].

В 2011-2014 г.г. разработана и внедрена на шахтах Воркуты и Кузбасса «Многофункциональная геофизическая система контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород «МГСК». Система МГСК предназначена для автоматического контроля геодинамического и газодинамического состояния массива горных пород, контроля и прогноза внезапных выбросов и горных ударов в режиме реального времени на основе непрерывного анализа сейсмической, тензометрической и терморadiационной информации, получаемой от соответствующих первичных преобразователей [10].

Новым направлением стало математическое моделирование на базе программного комплекса ANSYS (продукт фирмы ANSYS Inc.), позволяющее решать инженерные краевые задачи в области напряженно-деформированного состояния, прочности, механики разрушения, теплопроводности, гидромеханики, вынужденных колебаний и т.п. Математической основой, на которой построен вычислительный аппарат этого программного продукта, является метод конечных элементов. С помощью математического моделирования были решены многочисленные задачи оценки изменений напряженно-деформированного состояния и смещений в массивах при техногенном воздействии, начиная от оценок проседания грунта под фундаментом при строительстве высотного здания в Москве [11] до сложных систем выработок, целиков и открытых горных работ над ними, пересеченных разломами; а также динамические задачи по распространению взрывной волны в массиве или определению условий начала движения оползня в районе строительства олимпийских объектов в Сочи [12,13].

Благодаря совместным усилиям государства, академических и отраслевых научных центров, вузовской науки, проектных организаций и горнопромышленников удалось сформировать устойчивую тенденцию снижения производственного травматизма в горнодобывающем секторе экономики России, что особенно заметно в угольной промышленности. Смертельный травматизм в долгосрочной ретроспективе сни-

жается как в абсолютных, так и в относительных значениях. В целом по отрасли число травм со смертельным исходом на 1 млн т добычи угля снижено с 1 случая в 1993 года до 0,07 в последние годы, или в 14 раз.

В то же время на шахтах и рудниках России сохраняются высокие риски возникновения крупных аварий. Если посмотреть динамику смертельного травматизма прошлых лет, то явно видна цикличность аварий с большим количеством погибших:

- 1997 год. Шахта «Зырянская», причина аварии - взрыв газа, погибло – 67 чел.
- 1998 год. Шахта «Центральная», причина аварии - взрыв газа, погибло – 27 чел.
- 2007 год. Шахта «Ульяновская», причина аварии - взрыв газа, погибло – 110 чел.
- 2007 год. Шахта «Юбилейная», причина аварии - взрыв газа, погибло – 38 чел.
- 2010 год. Шахта «Распадская», причина аварии - взрыв газа, погибло – 91 чел.
- 2016 год. Шахта «Северная», причина аварии - взрыв газа, погибло – 36 чел.
- 2017 год. Рудник «Мир», причина аварии - разрыв вмещающих пород, погибло – 8 чел.

Эти проблемы усугубляются тем, что в настоящее время:

- происходит рост интенсивности ведения горных работ, новые технологии не увязываются с требованиями безопасности;
- многие вопросы требуют детального изучения и научно-методического сопровождения горных геотехнологий;
- не оцениваются риски негативных техногенных процессов.

В этих условиях необходимы целенаправленные меры по переходу на новый технико-технологический и нормативный уровень ведения горных работ, позволяющий, безусловно, предотвращать аварийность с массовым смертельным травматизмом.

Приоритетными направлениями данной деятельности являются:

1. Разработка роботизированных и автоматизированных геотехнологий с минимальным присутствием людей в зонах ведения горных работ.
2. Разработка геотехнологий комплексного освоения и сохранения недр Земли с замкнутыми циклами процессов добычи, переработки и консервации горных и перерабатывающих предприятий.
3. Разработки технологий переработки техногенных образований горнопромышленных, металлургических, энергетических предприятий

и бытовых отходов с получением полезных продуктов.

Решение этих задач возможно только путем объединения усилий профильных институтов Российской академии наук, отраслевой науки, университетов и передовых горнодобывающих компаний, предприятий смежных отраслей промышленности.

В соответствии с пунктом 17 протокола совещания у Председателя Правительства Российской Федерации от 04.04.2016 № ДМ-П9-24пр «О состоянии и перспективах развития угольной промышленности Российской Федерации» в настоящее время под эгидой Федерального агентства научных организаций (ФАНО) реализуется Комплексный план научных исследований (КПНИ) «Безопасность горных работ».

В соответствии с Концепцией программного управления реализацией научных исследований, осуществляемых в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук (ПФНИ ГАН) на 2013–2020 годы, целями формирования КПНИ являются:

- выполнение в полном объеме ПФНИ ГАН;
- закрепление ответственности и ресурсов за конкретными федеральными государственными учреждениями, подведомственными ФАНО, являющимися исполнителями ПФНИ ГАН;
- создание системы проектного управления ПФНИ ГАН, в том числе путем образования органов управления КПНИ и разделения между ними функциональных обязанностей;
- создание условий для формирования междисциплинарных, межотраслевых и интеграционных проектов, являющихся основой для программно-целевого метода планирования и выполнения научных исследований в рамках сети федеральных государственных учреждений, подведомственных ФАНО;
- создание системы эффективного управления научной деятельностью федеральных государственных учреждений, подведомственных ФАНО;
- создание условий для научных организаций, способных формировать КПНИ и осуществлять проектное управление их выполнением;
- построение системы трансфера результатов фундаментальных и поисковых исследований в прикладные научные исследования, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы.

Цель реализации КПНИ «Безопасность горных работ» – обеспечение эффективности

междисциплинарных исследований в области безопасности горных работ, проводимых в научных организациях, подведомственных ФАНО России, на основе интеграции кадровых, материальных и интеллектуальных ресурсов участников и партнеров КПНИ.

Участники реализации проектов:

1. ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н. В. Мельникова Российской академии наук;
2. ФГБУН Горный институт Уральского отделения Российской академии наук;
3. ФГБУН Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук;
4. ФГБУН Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук;
5. ФГБУН Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук;
6. ФГБУН Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук;
7. ФГБУН Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук;
8. ФГБУН Институт динамики геосфер Российской академии наук;
9. ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук;
10. ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба РАН»;
11. ФГБУН Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РПН;
12. ФИЦ угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук.

В настоящее время к КПНИ активно присоединяются профильные университеты, отраслевые научные центры, проектные, консалтинговые и сервисные компании, горнопромышленники. В качестве приоритетных направлений исследований и проектов по обеспечению безопасности горных работ на предприятиях минерально-сырьевого комплекса России выделяются:

- приоритетные направления исследований и проектов по обеспечению горно-геологиче-

ской безопасности разработки месторождений минерального сырья;

- приоритетные направления исследований и проектов по обеспечению технологической безопасности эффективной добычи минерального сырья и освоения подземного пространства (доступные геотехнологии, инновационные технологические процессы);

- приоритетные направления исследований и проектов по обеспечению экологической безопасности при освоении месторождений полезных ископаемых;

- обоснование мероприятий по обеспечению импортнезависимости по оборудованию, комплектующим, программным средствам и услугам, оказывающим влияние на безопасность горных работ;

- приоритетные направления исследований и проектов по организационно-управленческому и экономическому обеспечению безопасности горных работ;

- оценка рисков в случае нереализации приоритетных направлений исследований и проектов по обеспечению безопасности горных работ на предприятиях минерально-сырьевого комплекса России.

Проведенные исследования свидетельствуют, что для обеспечения безопасности горных работ необходимо риск-ориентированное обоснование независимой научно-технической экспертизы принимаемых проектных решений и сопровождения (горного аудита) процессов эксплуатации по объектам и видам работ, характеризующихся высоким уровнем риска. Результатом выполнения КПНИ станут рекомендации по совершенствованию нормативного регулирования обеспечения безопасности горных работ на предприятиях минерально-сырьевого комплекса России и экономического стимулирования фундаментальных и прикладных научных исследований в приоритетных областях. Данные рекомендации могут стать основой разработки Стратегии развития горнопромышленной деятельности и обеспечения безопасности горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемьев В.Б., Рубан А.Д., Забурдяев В.С., Ютяев Е.П. Промышленный регламент технологии извлечения и утилизации шахтного метана в процессе разработки высокогазоносных угольных пластов подземным способом. Уголь, 2010, № 2, с.18-20.
2. Белоусов Ф.С. Регистратор сейсмоакустический шахтный / Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: мат-лы 11 Международной научной школы молодых ученых и специалистов 24-28 ноября 2014 г. – М.: ИПКОН РАН, 2014. С. 99.
3. Вартанов А.З., Петров И.В., Федаш А.В. Научно-методические основы принятия проектных решений по комбинированной отработке пластов длинными и короткими забоями на угледобывающих предприятиях // Уголь.

2015. № 10. С. 30-34.
4. Вартанов А.З., Петров И.В., Федаш А.В. Основные тенденции подземного строительства и освоения недр городов и проблемы проектирования подземных объектов в мегаполисах и зонах градопромышленных агломераций // ГИАБ. 2015. № 10. С. 160-164.
 5. Вартанов А.З., Петров И.В., Федаш А.В. Современное состояние и направления проектирования инновационных геотехнических систем на угледобывающих предприятиях // Научное состояние технологий разработки и использования минеральных ресурсов. 2015. № 2. С. 39-44.
 6. Вартанов А.З., Петров И.В., Кобяков А.А., Романов С.М., Федаш А.В. Эколого-экономические аспекты перехода горнодобывающих предприятий на принципы наилучших доступных технологий // ГИАБ. 2016. № S1. С. 511-521.
 7. Вартанов А.З., Зайцев С.П., Калачева Л.В., Петров И.В., Федаш А.В. Практические рекомендации по мониторингу и эколого-экономическому управлению рисками для повышения энергоэффективности и развития энергетики России // Мониторинг: Наука и технологии. 2017. № 2 (31). С. 29-35.
 8. Захаров В.Н., Малинникова О.Н. Исследование структурных особенностей углей выбросоопасных пластов / Записки горного института. СПб.: Изд.: СПб горный университет, 2014. Т. 210. С.43-52.
 9. Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Фейт Г.Н. Особенности изменения напряженного состояния и разрушения призабойной зоны угольных пластов / Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках: Материалы XXIV Международной научной школы им. академика С.А. Христиановича. Симферополь, 2014. С.71-74.
 10. Захаров В.Н. Геоинформационное обеспечение и комплексный мониторинг гео- и газодинамических процессов при высокоинтенсивной подземной угледобыче / Неделя горняка – 2012: Труды научного симпозиума // ГИАБ. Отдельный выпуск № 1. С. 32–43.
 11. Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Ковпак И.В., Филиппов Ю.А. Геопространственное моделирование взаимодействия высотных зданий и сооружений с массивом горных пород // ГИАБ. Отдельный выпуск № 11. 2008. С.59–66.
 12. Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Аверин А. П. Моделирование вибрационно-колебательных процессов в призабойной зоне углепородного массива при техногенном воздействии // Горный журнал. 2016. № 12. С. 28–31.
 13. Захаров В.Н., Малинникова О.Н., Трофимов В.А., Филиппов Ю.А. Оценка устойчивости оползневого склона и развития его деформаций во времени // ФТПРПИ. 2014. № 6. С. 11–22.
 14. Иватанова Н.П., Ле Б.З., Стоянова И.А., Петров И.В., Чан Т.Б. Научные основы инновационной деятельности угольных предприятий по сохранению и восстановлению качества окружающей среды. Москва – Тула, 2016.
 15. Казаков В.Б., Калачёва Л.В., Петров И.В., Сурат И.Л. Развитие угольной промышленности в условиях создания высокопроизводительных рабочих мест, перехода на наилучшие доступные технологии и импортозамещения // Уголь. 2017. № 6 (1095). С. 48–50.
 16. Калачева Л.В., Петров И.В., Савон Д.Ю. Обеспечение промышленной и экологической безопасности на угольно-добывающем предприятии как путь к созданию высокопроизводительных рабочих мест // ГИАБ. 2015. № 4. С. 276–282.
 17. Петров И.В., Секистова Н.А. Механизм обоснования эколого-экономических мер по регулированию недропользования на предприятиях угольной промышленности // ГИАБ. 2010. № 1. С. 314–322.
 18. Петров И.В., Стоянова И.А. К вопросу о повышении обеспечения экологической и технической безопасности действующих и закрываемых угольных предприятий // Мониторинг: Наука и технологии. 2014. № 2. С. 54–58.
 19. Петров И.В., Секистова Н.А., Харьков А.И. Вопросы экологической безопасности в новых условиях формирования взаимоотношений в угольной промышленности // ГИАБ. 2009. № 6. С. 261–263.
 20. Трубецкой К.Н., Рубан А.Д., Викторов С.Д., Малинникова О.Н., Одинцов В.Н., Кочанов А.Н., Учаев Д.В., Фрактальная структура нарушенности каменных углей и их предрасположенность к газодинамическому разрушению / Доклады АН, 2010. Т. 431. № 6. С. 818–821.
 21. Трубецкой К.Н., Рубан А.Д., Забурдяев В.С. Особенности метановыделения в высокопроизводительных угольных шахтах // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 4. С. 76–85.
 22. Фейт Г.Н., Малинникова О.Н. Особенности и закономерности геомеханических и физикохимических процессов формирования очагов опасности газодинамических явлений в шахтах // ГИАБ. 2007. Т. 13. № 1. С. 192–206.

REFERENCES

1. Artemiev, V. B., Ruban, A. D., Zaburdiaev, V.S., & Yutiaev, Ye.P. (2010). Promyshlennyyi reglament tekhnologii izvlecheniya i utilizatsii shakhtnogo metana v protsesse razrabotki vysokogazonosnykh ugolnykh plastov podzemnym sposobom [Industrial regulations of mine methane extraction and utilization technology in the process of high-gas-carrying coal seams development by an underground method]. *Ugol – Coal*, 2, 18-20 [in Russian].
2. Belousov, F.S. (2014). *Registrator seismoakusticheskii shakhtny [The seismo-acoustic mine recorder]. Proceedings from: The problems of mineral reserves development in the XXI century through the eyes of the young: 11 Mezhdunarodnaia shkola molodykh uchenykh i spetsialistov 24-28 noiabria 2014 goda – 11th International scientific school for young scientists and specialists (p. 99)*. Moscow: ICEMR RAS [in Russian].
3. Vartanov, A.Z., Petrov, I.V., & Fedash, A.V. (2015). Nauchno-metodicheskie osnovy prinyatiya proektnykh reshenii po kombinirovannoi otrabotke plastov dlinnymi i korotkimi zaboyami na ugledobyvayushchikh predpriyatiyakh [Scientific and methodological basis for making design decisions on combined development of seams by long and short faces at coal mining enterprises]. *Ugol – Coal*, 10, 30-34 [in Russian].
4. Vartanov, A.Z., Petrov, I.V., & Fedash, A.V. (2015). Osnovnye tendentsii podzemnogo stroitelstva i osvoeniya nedr gorodov i problemy proektirovaniya podzemnykh ob'ektov v megapolisakh i zonakh gradopromyshlennykh aglomeratsii [The main tendencies of underground construction and development of subsoil of cities and the problems of designing underground objects in megacities and zones of urban industrial agglomerations]. *GIA B*, 10, 160-164 [in Russian].
5. Vartanov, A.Z., Petrov, I.V., & Fedash, A.V. (2015). Sovremennoe sostoyaniye i napravleniya proektirovaniya innovatsionnykh geotekhnicheskikh sistem na ugledobyvayushchikh predpriyatiyakh [Current state and directions

- of innovative geotechnical systems designing at coal mining enterprises]. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov - High technology of development and use of mineral resources*, 2, 39-44 [in Russian].
6. Vartanov, A.Z., Petrov, I.V., Kobiakov, A.A., Romanov, S.M., & Fedash, A.V. (2016). Ekologo-ehkonomicheskie aspekty perekhoda gornodobyvayushchikh predpriyatii na printsipy nailuchshikh dostupnykh tekhnologii [Ecological and economic aspects of mining enterprises transition to the principles of the best available technologies]. *GIAB*, S1, 511-521 [in Russian].
 7. Vartanov, A.Z., Zaitsev, S.P., Kalacheva, L.V., Petrov, I.V., & Fedash, A.V. (2017). Prakticheskie rekomendatsii po monitoringu i ehkologo-ehkonomicheskomu upravleniyu riskami dlya povysheniya ehnergoeffektivnosti i razvitiya ehnergetiki Rossii [Practical recommendations on monitoring and environmental and economic risk management for energy efficiency increase and energy development in Russia]. *Monitoring: Nauka i tekhnologii – Monitoring: Science and Technology*, 2 (31), 29-35 [in Russian].
 8. Zakharov, V.N., & Malinnikova, O.N. (2014). Issledovaniie strukturnykh osobennosti uglei vybrosoopasnykh plastov [Outburst hazardous seams coals structural features research]. *Zapiski gornogo instituta –Mining Institute Notes, St Petersburg Mining University*, 210, 43-52 [in Russian].
 9. Zakharov, V.N., Malinnikova, O.N., & Feigt, G.N. (2014). Osobennosti izmeneniya napryazhennogo sostoyaniya i razrusheniya prizabojnoj zony ugolnykh plastov [Features of the stressed state change and destruction of the coal seam face zones]. *Proceedings from: Deformation and destruction of materials with defects and dynamic phenomena in mine rocks and mine openings: Materialy XXIV Mezhdunarodnoi nauchnoi shkoly im. Akademika S.A. Khristianovicha - Materials of the XXIVth academician S.A. Khristianovich International Scientific School*. (pp. 71-74). Simferopol [in Russian].
 10. Zakharov, V.B. (2012). Geoinformatsionnoie obespechenie i kompleksnyj monitoring geo- i gazodinamicheskikh protsessov pri vysokointensivnoj podzemnoj ugledobyche [Geoinformation support and complex monitoring of geo- and gasdynamic processes with high-intensity underground coal mining]. *Proceedings from: Miner's Week - Proceedings of the Scientific Symposium, GIAB. A separate issue number 1*. pp. 32-43 [in Russian].
 11. Zakharov, V.N., Malinnikova, O.N., Kovpak, I.V., & Filippov, Yu.A. (2008). Geoprostranstvennoe modelirovanie vzaimodejstviya vysotnykh zdaniy i sooruzhenij s massivom gornyh porod [High-rise buildings and structures interaction with a rock massif geospatial modeling]. *GIAB. A separate issue number 11*. pp. 59-66 [in Russian].
 12. Zakharov, V.N., Malinnikova, O.N., & Averin, A.P. (2016). Modelirovanie vibratsionno-kolebatelnykh protsessov v prizabojnoi zone ugleporodnogo massiva pri tekhnogennom vozdeistvii [Modeling of vibrational processes in the face zone of a coal-rock bearing massif with anthropogenic impact]. *Gorny zhurnal - Mi- ing Magazine*, 12, 28-31 [in Russian].
 13. Zakharov, V.N., Malinnikova, O.N., Trofimov, V.A., & Filippov, Yu.A. (2014). Otsenka ustoichivosti opolznevoego sklona r razvitiia iego deformatsii vo vremeni [Stability of the landslide slope and the development of its deformations in time assessment]. *FTPPI*, 6, 11-22 [in Russian].
 14. Ivatanova, N.P., Le, B.Z., Stoianova, I.A., Petrov, I.V., & Chan, T.B. (2016). *Nauchnyie osnovy innovatsionnoi deiatelnosti ugolnykh predpriyatii po sokhraneniyu i vosstanovleniyu kachestva okruzhayushchei sredy [Scientific basis of coal enterprises innovative activity on preservation and recovery of environmental quality]*. Moscow – Tula [in Russian].
 15. Kazakov, V.B., Kalacheva, L.V., Petrov, I.V., & Surat, I.L. (2017). Razvitie ugolnoi promyshlennosti v usloviyakh sozdaniya vysokoproizvoditelnykh rabochikh mest, perekhoda na nailuchshie dostupnyie tekhnologii i importozameshcheniya [Coal industry development in conditions of high-productive workplaces creation, transition to the best accessible technologies and import substitution]. *Ugol – Coal*, 6 (1095), 48-50 [in Russian].
 16. Kalacheva, L.V., Petrov, I.V., & Savon, D.Yu. (2015). Obespechenie promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnosti na ugolno-dobyvayushchem predpriyatii kak put' k sozdaniyu vysokoproizvoditelnykh rabochikh mest [Provision of industrial and environmental safety at the coal-mining enterprise as a way to create high-performance working places]. *GIAB*, 4, 276-282 [in Russian].
 17. Petrov, I.V., & Sekistova, N.A. (2010). Mekhanizm obosnovaniya ehkologo-ehkonomicheskikh mer po regulirovaniyu nedropolzovaniya na predpriyatiyakh ugolnoi promyshlennosti [The mechanism of environmental and economic measures substantiating for regulating subsoil use at coal industry enterprises]. *GIAB*, 1, 314-322 [in Russian].
 18. Petrov, I.V., & Stoianova, I.K. (2014). K voprosu o povyshenii obespecheniya ekologicheskoi i tekhnicheskoi bezopasnosti deistvuyushchikh i zakryvaemykh ugolnykh predpriyatii [On the issue of improving the environmental and technical safety of existing and closing coal enterprises]. *Monitoring: Nauka i tekhnologii – Monitoring: Science and Technologies*, 2, 54-58 [in Russian].
 19. Petrov, I.V., Sekistova, N.A., & Kharkov, A.I. (2009). Voprosy ekologicheskoi bezopasnosti v novykh usloviyakh formirovaniya vzaimootnoshenii v ugolnoj promyshlennosti [Issues of environmental safety in the new conditions of the relationship formation in coal industry]. *GIAB*, 6, 261-263 [in Russian].
 20. Trubetskoi, K.N., Ruban, A.D., Viktorov, S.D., Malinnikova, O.N., Odintsev, V.N., Kochanov, A.N., & Uchiaev, D.V. (2010). Fraktalnaya struktura narushennosti kamennykh uglei i ikh predraspolzhenost' k gazodinamicheskomu razrusheniyu [Fractal structure of coal disturbance and their predisposition to gas-dynamic destruction]. *RAS papers, Volume 431*, 6, 818-821 [in Russian].
 21. Trubetskoi, K.N., Ruban, A.D., & Zaburdiaev, V.S. (2011). Osobennosti metanovydeleniya v vysokoproizvoditelnykh ugolnykh shakhtakh [Features of methane emission in high-performance coal mines]. *Fiziko-tekhnicheskiiye problem razrabotki poleznykh iskopaemykh – Physico-technical problems of mineral reserves development*, 4, 76-85 [in Russian].
 22. Feit, G.N., & Malinnikova, O.N. (2007). Osobennosti i zakonomernosti geomekhanicheskikh i fizikokhimicheskikh protsessov formirovaniya ochagov opasnosti gazodinamicheskikh yavlenii v shakhtakh [Features and regularities of geomechanical and physicochemical processes of gas dynamic phenomena spots formation danger in mines]. *GIAB, Vol. 13, 1*, 192-206 [in Russian].



GasOs

Стационарный газоанализатор контроля параметров атмосферы в зоне отработанного пространства

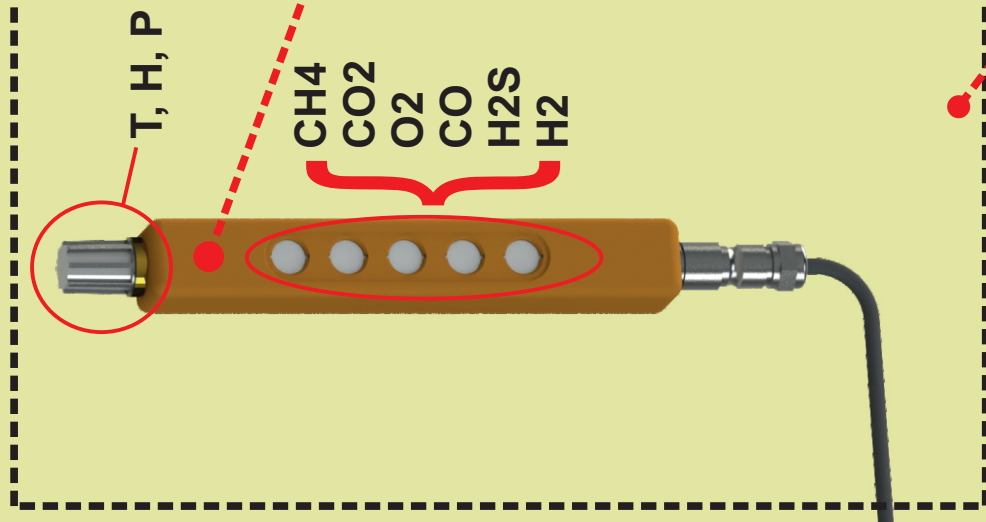
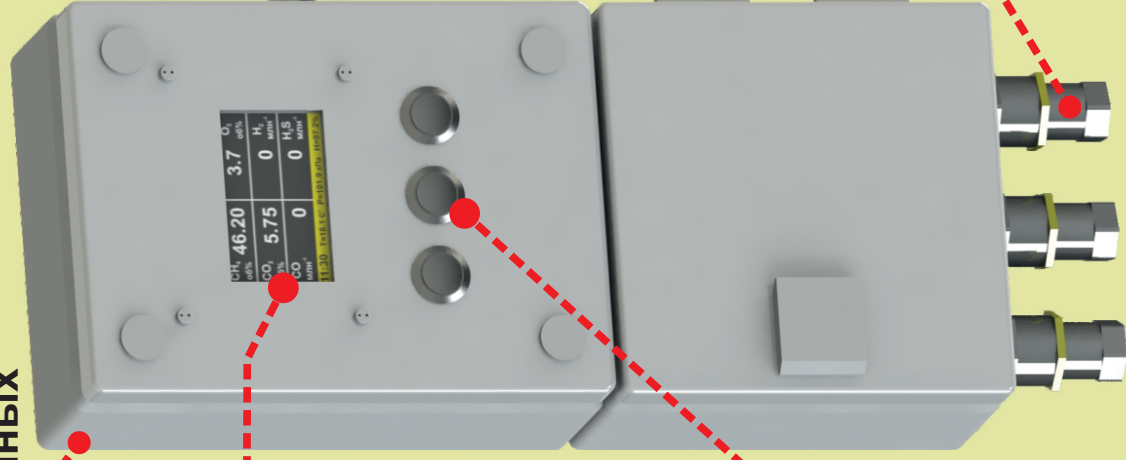
**Блок индикации
и передачи данных**

Индикация

Цветной графический экран позволяет отображать данные в режиме «онлайн» для всех измеренных параметров одновременно. Возможен вывод любой статистики в виде графиков или диаграмм.

Управление

Антивандалные кнопки



**Выносной блок
для измерения
концентрации газов и
контроля параметров
атмосферы**

Измерение до 6 газов
одновременно,
а также температуры,
относительной влажности и
абсолютного давления
одним блоком диффузионным
методом без пробоотборного
насоса.

Данная методика измерения
позволяет снизить
энергопотребление и
повысить надежность
газоанализатора

**Зона отработанного
пространства**

Передача данных

Передача измеренных
и расчетных данных
в систему сбора информации
шахты по цифровому
интерфейсу RS-485 и по
аналоговому выходу 0,4-2В

I. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ГЕОМЕХАНИКА

I. INDUSTRIAL SAFETY AND GEOMECHANICS



Н.В. Черданцев //
N.V. Cherdantsev
nvch2014@yandex.ru

д-р техн. наук, главный научный сотрудник ФГБУН «ФИЦ УУХ СО РАН», Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
doctor of technical sciences, chief scientific researcher of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, 650065, Kemerovo, Leningradsky Av., 10



А.В. Шадрин // A.V. Shadrin
avsh-357@mail.ru

д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «ФИЦ УУХ СО РАН», Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
doctor of technical sciences, leading scientific researcher of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, 650065, Kemerovo, Leningradsky Av., 10

УДК 622.023.23

РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ОДИНОЧНОЙ ТРЕЩИНЫ, РАСПОЛОЖЕННОЙ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД, НАГРУЖЕННОЙ ДАВЛЕНИЕМ ЖИДКОСТИ

A FLUID PRESSURE-LOADED SINGLE CRACK LOCATED IN A ROCK MASSIF PROPAGATION TRAJECTORY CALCULATION

Представлены результаты решения задачи о распространении одиночной трещины, наполненной под давлением жидкостью, в массиве горных пород. Массив нагружен неравно компонентным гравитационным полем напряжений и представляет собой однородную упругую среду. Причины возникновения трещины и её нагружения внутренним давлением не рассматриваются.

В поставленной задаче массив горных пород находится в условиях плоского деформированного состояния. В данной работе влияние выработки на напряжённое состояние массива и траекторию движения трещины не рассматривается.

Задача решается в рамках классических представлений о состоянии трещины, её устойчивом и неустойчивом росте в бесконечной пластине из хрупкого материала, основанных на теориях Гриффитса – Ирвина.

По результатам проведённых исследований построены траектории движения трещины для ряда значений угла наклона трещины к горизонту, характеристик, связанных с прочностью вмещающих пород. Представлен анализ изменения критических давлений при прорастании трещины.

The task solving results of a single crack filled with liquid under pressure propagation in a rock mass are presented. The rock mass is loaded with an unequal component gravitational field of stresses and represents a homogeneous elastic medium. The causes of the crack occurrence and its loading by internal pressure are not considered.

In the task set, the rock mass is under conditions of a flat deformed state. In this paper, the effect of the opening on the stressed state of the rock mass and on crack propagation trajectory is not considered.

The task is solved within the framework of classical concepts of the state of a crack, its stable and unstable growth in an infinite plate of brittle material, based on the theories of Griffiths - Irwin.

Based on the results of the studies carried out, crack propagation trajectories are constructed for a number of the crack to the horizon inclination angle values, the characteristics associated with the strength of the enclosing rocks. An analysis is given of the critical pressures change during the crack intergrowth.

Ключевые слова: МАССИВ ГОРНЫХ ПОРОД, УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ГИДРОТРЕЩИНА, КОЭФФИЦИЕНТ ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ

Key words: ROCK MASSIF, COAL SEAM, HYDRAULICK CRACK, STRESSES' INTENSITY COEFFICIENT

1 ВВЕДЕНИЕ

Расчёт напряжённого состояния массива около выработки, пройденной по угольному пласту, в краевых частях которого из-за низких характеристик прочности по сравнению с вмещающим массивом образуются предельно-напряжённые зоны, является важной научной задачей и актуальной производственной проблемой [1–3]. Наличие предельно напряжённых зон может быть причиной различных геодинамических явлений: горных ударов, внезапных выбросов из забоев выработок горной массы, пучения почвы и значительных смещений их кровли [1, 4–6], и это обстоятельство должно учитываться при проектировании и эксплуатации горных предприятий [7, 8].

В зависимости от характеристик прочности угольного пласта и вмещающих боковых пород их переход в предельное состояние при отработке пласта происходит по-разному. В одних случаях наступление предельного состояния пород кровли пласта с последующим их обрушением происходит при сравнительно небольших размерах выработанного пространства, в других – выработанное пространство перед обрушением охватывает значительные площади. В этом случае зависание может привести к пучению пород почвы пласта, горным ударам, а при обрушении кровли – к поломкам горного оборудования и авариям, связанным с проветриванием выработок.

Для уменьшения размеров зависания основной кровли используют ряд способов, наиболее эффективным из которых является метод направленного гидроразрыва [9]. Суть его состоит в принудительном обрушении пород кровли (почвы) пласта посредством искусственного инициирования трещины типа щели и её развития в этих породах за счёт закачки в трещину под большим давлением жидкости.

Одной из первых работ, послуживших началом бурного применения метода гидроразрыва, является работа С.А. Христиановича и Ю.П. Желтова, научно обосновавших возможность и эффективность применения гидроразрыва в нефтегазовой промышленности для повышения дебета нефтеносной скважины [10].

К настоящему времени в угольной промышленности накоплен значительный опыт применения различного рода гидровоздействий на массив горных пород [11, 12]. В решениях большинства задач о распространении трещины в горном массиве считается, что она находится в однородном поле напряжений, т.е. влиянием выработки, создающей неоднородное поле напря-

жений, пренебрегается.

Проблема состоит в том, чтобы заложить оптимальные параметры положения щели для создания наиболее эффективного обрушения кровли растущей трещиной гидроразрыва. На траекторию движения трещины влияет много факторов, и наиболее существенным из них является поле напряжений в окрестности растущей трещины. На угольных шахтах трещина гидроразрыва распространяется не в однородном поле напряжений нетронутого массива, а вблизи пластовой выработки, которая, как сказано выше, значительно изменяет поле напряжений.

Эта задача достаточно сложна и к настоящему времени, по-видимому, полностью не решена.

В этой связи в данной работе авторы решили сначала представить и обсудить результаты детального решения задачи о распространении трещины, находящейся под внутренним давлением жидкости, в массиве, нагруженном неравнокомпонентным полем напряжений. При этом, как уже было отмечено выше, вопрос о возникновении этой трещины и поступлении в неё жидкости здесь не рассматривается. В этой работе сделан упор лишь на чисто геомеханических аспектах задачи.

2. ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О СОСТОЯНИИ ГИДРОТРЕЩИНЫ, НАХОДЯЩЕЙСЯ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Задача формулируется следующим образом. В массиве горных пород, моделируемом бесконечной плоскостью, нагруженной по краям сжимающими гравитационными напряжениями: сверху и снизу γH , а по бокам – $\lambda \gamma H$, имеется узкий разрез длиной $2l_0$, имитирующий начальную («зародышевую») трещину, нагруженную изнутри постоянным давлением p_t . При определённом значении этого давления $p_t > p_{kp} = p_{kp}^*$ трещина увеличивает длину до значения $2l$. Длина разреза пренебрежимо мала по сравнению с размерами плоскости. Начала глобальной системы yz и локальной yz_t лежат в середине трещины, а сама она повернута к горизонту на угол α_t (рис. 1).

В ходе решения задачи рассматриваются условия равновесия, страгивания и распространения трещины в породах массива.

Известно, что при теоретическом анализе проблемы прочности и распространения сильных разрывов перемещений в твёрдых деформируемых телах используется универсальное уравнение термодинамики, которое применительно к телу с трещиной может быть применено к двум смежным его состояниям: перед и после

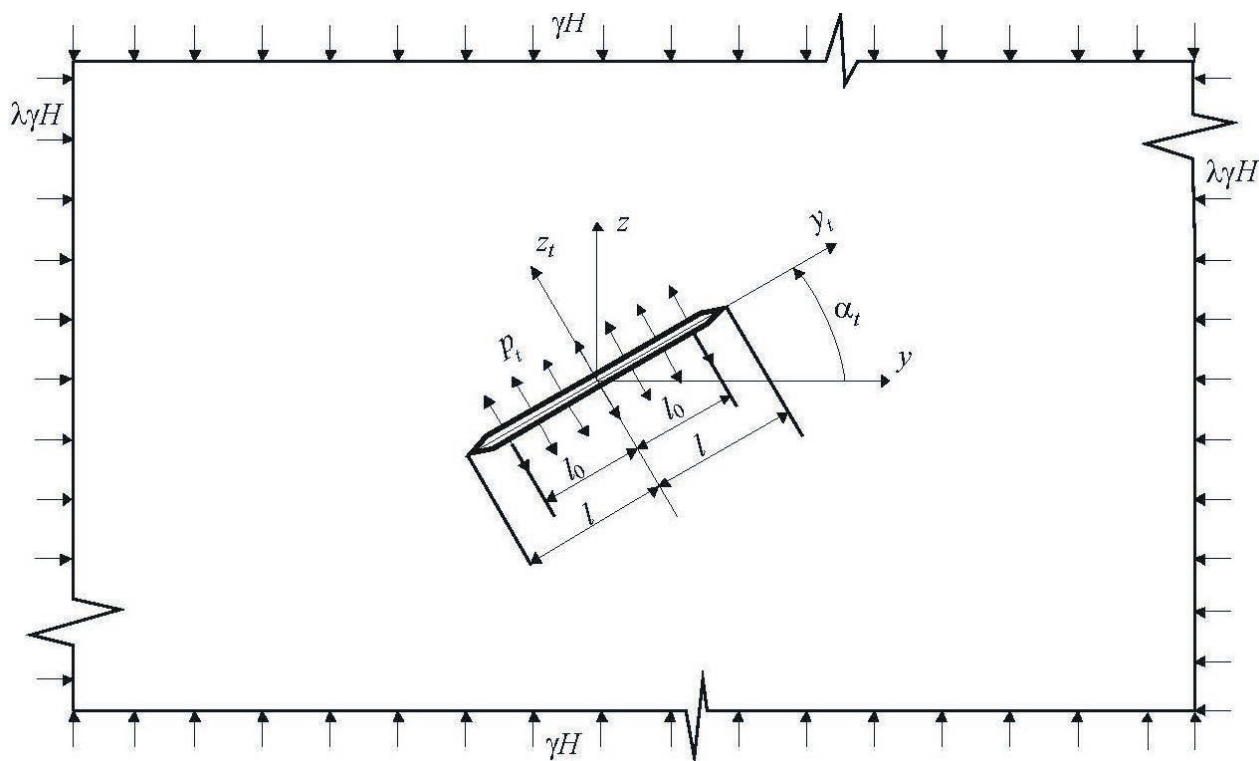


Рисунок 1 – Схема задачи о гидротрещине в массиве горных пород
 Figure 1 – Hydraulic crack in the rock massif task scheme

её прорастания на некоторую величину. Применительно к квазистатическим процессам это уравнение имеет вид [13, 14]

$$\Delta\Lambda = \Delta(U - A) = -\Delta\Pi, \quad (1)$$

где Λ – полная потенциальная энергия деформации тела, U – энергия деформации тела, A – работа внешних сил, Π – энергия, необходимая на преодоление силы сцепления между частицами материала при расширении границы трещины (энергия разрушения при расширении трещины).

Изменение полной потенциальной энергии упругой деформации определяется следующим образом [14]

$$\Delta\Lambda = -\frac{(\kappa+1)}{8G} (k_I^2 + k_{II}^2) \cdot \Delta l, \quad (2)$$

где k_I – коэффициент интенсивности напряжений, обусловленный действием расклинивающей (нормальной) нагрузки p_I на берегах трещины, k_{II} – коэффициент интенсивности напряжений от действия касательной нагрузки p_{II} на берегах трещины, Δl приращение трещины, κ – параметр, зависящий от типа плоской задачи. Для плоской деформации $\kappa=3-4\mu$ (μ – коэффициент Пуассона пород массива), G – модуль упругости второго рода пород массива, связанный с модулем упругости первого рода E следующей зависимостью $E=2(1+\mu)G$.

Коэффициенты интенсивности напряжений выражаются следующими зависимостями [13]

$$k_I = (p_I - p_t) \sqrt{\pi l}, \quad k_{II} = p_{II} \sqrt{\pi l}, \quad (3)$$

где p_I, p_{II} – нормальные и касательные напряжения на берегах трещины, обусловленные напряжениями на бесконечности $\gamma H, \lambda \gamma H$. Они определяются по известным формулам вычисления напряжений по наклонным площадкам [13, 14]

$$p_I = \frac{\gamma H}{2} [1 + \lambda + (1 - \lambda) \cdot \cos 2\alpha_t],$$

$$p_{II} = \frac{\gamma H}{2} [(1 - \lambda) \cdot \sin 2\alpha_t]. \quad (4)$$

Изменение энергии разрушения $\Delta\Pi$ по Гриффитсу определяется следующим образом

$$\Delta\Pi = \gamma_t \cdot \Delta l, \quad (5)$$

где γ_t – плотность поверхностной энергии, необходимой для образования единицы поверхности.

После подстановки выражений (2) и (5) в уравнение (1) и некоторых преобразований получается следующая зависимость, которая является условием страгивания концов трещины.

$$n = \frac{N \cdot (t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}})}{t_{\text{р.офн}} \cdot (1 - K) + t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{актив}}} \quad (6)$$

Выражения (3) с учётом давления жидкости в трещине и зависимостей (4) принимают вид

$$= \left\{ p_t - \frac{\gamma H}{2} [1 + \lambda + (1 - \lambda) \cdot \cos 2\alpha_t] \right\} \sqrt{\pi l},$$

$$k_{II} = \frac{\gamma H}{2} [(1 - \lambda) \cdot \sin 2\alpha_t] \sqrt{\pi l}. \quad (7)$$

Из формулы (7) следует, что при $\alpha_t = 0^\circ$ $k_{II} = 0$, а положительное значение коэффициента k_I , при котором возможно существование щели, может быть реализовано лишь при

$$p_t \geq \gamma H.$$

Подстановка выражения (7) в условие страгивания трещины (6) и исключение из него значения давления, соответствующего этому условию, приводит к следующему выражению

$$p_t = p_{kp} = \frac{\gamma H}{2} [1 + \lambda + (1 - \lambda) \cdot \cos 2\alpha_t] +$$

$$\sqrt{\frac{E\gamma_t}{\pi l_0(1 - \mu^2)} - \left[\frac{\gamma H}{2} (1 - \lambda) \cdot \sin 2\alpha_t \right]^2}. \quad (8)$$

Величина давления p_{kp}^* , при котором обеспечивается продвижение трещины на заданную величину $\Delta l = l - l_0$, вычисляется следующим образом [12, 13]

$$p_{kp}^* = \frac{\pi}{2 \arctg \left(\frac{l_0}{\sqrt{l^2 - l_0^2}} \right)}$$

$$\left\{ \frac{\gamma H}{2} [1 + \lambda + (1 - \lambda) \cdot \cos 2\alpha_t] + \sqrt{\frac{E\gamma_t}{\pi l(1 - \mu^2)} - \left[\frac{\gamma H}{2} (1 - \lambda) \cdot \sin 2\alpha_t \right]^2} \right\}. \quad (9)$$

В теории Гриффитса, относящейся к чисто упругим материалам, характеристика γ_t одна и та же по всем направлениям и для всех типов деформации трещины, и отклонения трещины от начального направления следует ожидать при $k_{II} \neq 0$. В этой связи направлением продвижения трещины является такое направление $\theta = \theta_c$, для которого при заданной внешней нагрузке левая часть условия (6), называемая «трещиноподвижной» силой, имеет максимальное значение из всех возможных.

Вполне очевидно предположить, что это направление совпадает с площадкой максимального растягивающего направления. Известно, что по этой площадке отсутствует касательное напряжение, нормальное напряжение по ней является главным напряжением σ_1 , а сама

площадка называется главной площадкой.

В соответствии с этим предположением направление движения трещины задаётся углом θ_c , который определяется из решения следующего тригонометрического уравнения относительно угла θ , отсчитываемого от направления трещины в момент её страгивания [15]

$$k_I \left(\sin \frac{\theta}{2} + \sin \frac{3\theta}{2} \right) +$$

$$k_{II} \left(\cos \frac{\theta}{2} + 3 \cos \frac{3\theta}{2} \right) = 0. \quad (10)$$

Если коэффициент λ не равен единице, то из формул (7) следует, что значение k_{II} не равно нулю, поэтому при достижении давлением p_t своего критического значения p_{kp} трещина изменит первоначальное (исходное) направление и будет его менять при каждом новом приращении длины при прорастании [15].

Как показывают результаты аналитических исследований, рост длины трещины происходит экспоненциально, и эта зависимость выявлена на основе анализа акустической эмиссии растущей трещины [12]. В результате ряда экспериментов, проводимых с трещинами гидробработки, в частности гидрорыхления угольных пластов, это теоретическое положение подтвердилось [16]. В этой связи в расчётах траектории трещины изменение её длины следует задавать следующим образом

$$l = l_0 e^{k_I j}, \quad k_I = \frac{N_{sk}}{\ln \left(\frac{l_k}{l_0} \right)} \quad (11)$$

где j – номер скачка давления, l_k – конечная длина трещины, N_{sk} – количество скачков давления до момента окончания прорастания трещины.

При построении траектории движения трещины на первом шаге расчёта по форме (8) вычисляем p_{kp} , затем по формулам (7) вычисляем k_I и k_{II} , причём вместо p_t берём только что полученное значение p_{kp} . После этого найденные значения k_I и k_{II} подставляем в уравнение (10) и после его решения находим $\theta = \theta_c$. Далее, добавляя к l_0 некоторую (определим её ниже) величину прорастания трещины Δl , находим l , и по формуле (9) вычисляем p_{kp}^* .

На последующих шагах вычислительной процедуры к участку щели добавляется участок прорастания трещины, который наклонён к горизонту на угол $\theta = \alpha_t + \theta_c$.

При нескольких циклах роста трещины начальную, конечную длины трещины и величину

её приращения соответствующему j -му циклу на основании формул (11) определяем следующим образом

$$l_{0j} = l_0 e^{\frac{j-1}{k_I}}, \quad l_j = l_0 e^{\frac{j}{k_I}}, \quad \Delta l_{j-1} = l_j - l_{0j}.$$

Схема растущей трещины с геометрическими и силовыми параметрами представлена на рис. 2. На нём n_t – номер крайней точки траектории трещины в момент её остановки.

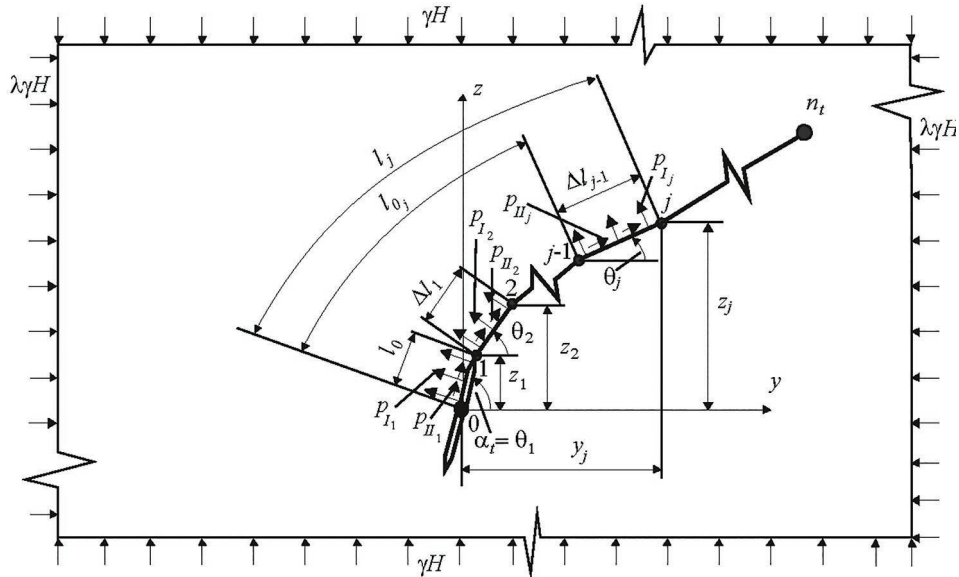


Рисунок 2 – Схема траектории движения трещины
Figure 2 – Crack movement trajectory scheme

Из рисунка 2 вытекают следующие рекуррентные соотношения для шага j , используемые в алгоритме расчёта траектории движения гидротрещины.

$$l_j = l_{0j} + \Delta l_{j-1}, \quad \theta_j = \theta_{j-1} + \Delta \theta_{c,j-1}, \quad y_j = y_{j-1} + \Delta l_{j-1} \cdot \cos \theta_j, \quad z_j = z_{j-1} + \Delta l_{j-1} \cdot \sin \theta_j,$$

$$p_{n_j} = \frac{\gamma H}{2} [1 + \lambda + (1 - \lambda) \cdot \cos 2\theta_j], \quad p_{t_j} = \frac{(1 - \lambda) \gamma H}{2} \cdot \sin 2\theta_j,$$

$$k_I = p_{kp_j} \sqrt{\pi l_{0j}} - \frac{1}{\sqrt{\pi l_{0j}}} \left(\pi \Delta l_{j-1} \sum_{j=2}^j p_{n_j} + \pi l_0 \cdot p_{n1} \right), \quad k_{II} = \frac{1}{\sqrt{\pi l_{0j}}} \left(\pi \Delta l_{j-1} \sum_{j=2}^j p_{t_j} + \pi l_0 \cdot p_{t1} \right),$$

$$p_{kp} = \frac{1}{\sqrt{\pi l_{0j}}} \left\{ \frac{1}{\sqrt{\pi l_{0j}}} \left(\pi \Delta l_{j-1} \sum_{j=2}^j p_{n_j} + \pi l_0 \cdot p_{n1} \right) + \sqrt{\frac{E \gamma_t}{1 - \mu^2} - \left[\frac{1}{\sqrt{\pi l_{0j}}} \left(\pi \Delta l_{j-1} \sum_{j=2}^j p_{t_j} + \pi l_0 \cdot p_{t1} \right) \right]^2} \right\},$$

$$p_{kp}^* = \frac{\pi}{2 \sqrt{l_j} \arctg \left(\frac{l_{0j}}{\sqrt{l_j^2 - l_{0j}^2}} \right)} \left\{ \frac{1}{\sqrt{\pi l_j}} \left(\pi \Delta l_{j-1} \sum_{j=2}^j p_{n_j} + \pi l_0 \cdot p_{n1} \right) + \sqrt{\frac{E \gamma_t}{1 - \mu^2} - \left[\frac{1}{\sqrt{\pi l_{0j}}} \left(\pi \Delta l_{j-1} \sum_{j=2}^j p_{t_j} + \pi l_0 \cdot p_{t1} \right) \right]^2} \right\}.$$

3. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ниже приведены графические результаты вычислительного эксперимента. За исходные данные в нём приняты следующие параметры массива: $\gamma = 25 \text{ кН/м}^3$, $H = 800 \text{ м}$, $\lambda = 0,7$, $\gamma_t = 0,0087 \text{ МПа} \cdot \text{м}$, $l_0 = 0,1 \text{ м}$, конечная полудлина $l_k = 3 \text{ м}$. Остальные данные в ходе эксперимента менялись. Координаты концов начальной трещины определяются по формулам $y = \pm l_0 \cos \alpha$, $z = \pm l_0 \sin \alpha$.

В качестве демонстрации проведённых исследований на рисунках 3а, 3б цифрой 1 показана началь-

ная трещина, расположенная под углом $\alpha_i=30^\circ$ к горизонту, а цифрой 2 обозначена траектория её движения, построенная при двух значениях N_{sk} числа скачков. Из рисунка следует, что траектории трещины нелинейны, и они не совпадают с первоначальным её направлением, однако в обоих случаях распространяются вдоль горизонтальной координатной оси, причём чем больше скачков увеличения длины, тем быстрее траектория стремится к горизонту, и тем более она проявляет свою нелинейность. С увеличением числа скачков в траектории трещины проявляется периодичность.

На рисунках 3в, 3г приведены графики зависимости критических давлений, построенные при указанных значениях числа скачков от длины растущей трещины. Кривая 1 – это график изменения p_{kp} с ростом длины трещины от исходного значения l_0 , и он соответствуют моментам её срагивания, а координатами кривой 2 являются значениями p_{kp}^* и длина растущей трещины l .

Механизм развития трещины следующий. При достижении нагнетаемой жидкостью давления p_{kp} (рис. 3в) трещина находится в неустойчивом равновесии. На рисунке это состояние

соответствует точке *A*, расположенной в начале кривой 1. Для прорастания трещины на величину Δl необходимо повысить давление до значения p_{kp}^* , и в этом случае точка *A* скачком переместится в точку *B*, принадлежащую кривой 2. При скачкообразном увеличении длины трещины, жидкость распространяется по увеличивающемуся объёму, при этом её давление падает. В результате точка *B* перемещается в точку *C*. Для следующего шага прорастания трещины необходимо повысить давление в точке *C* до давления в точке *D*, а из точки *D* давление скачкообразно уменьшается до давления в точке *F*. Этот процесс продолжается до полного прорастания трещины на заданную длину. Последовательность увеличения длины трещины путём перехода с одной кривой на другую на рис. 3 в показана стрелками.

Отметим три важных момента. Во-первых, меньшему числу скачков соответствует большее значение p_{kp}^* при первом скачке прорастания трещины. Во-вторых, значения первого и второго критического давлений на первом шаге прорастания трещины отличаются друг от друга в несколько раз. В-третьих, с увеличением дли-

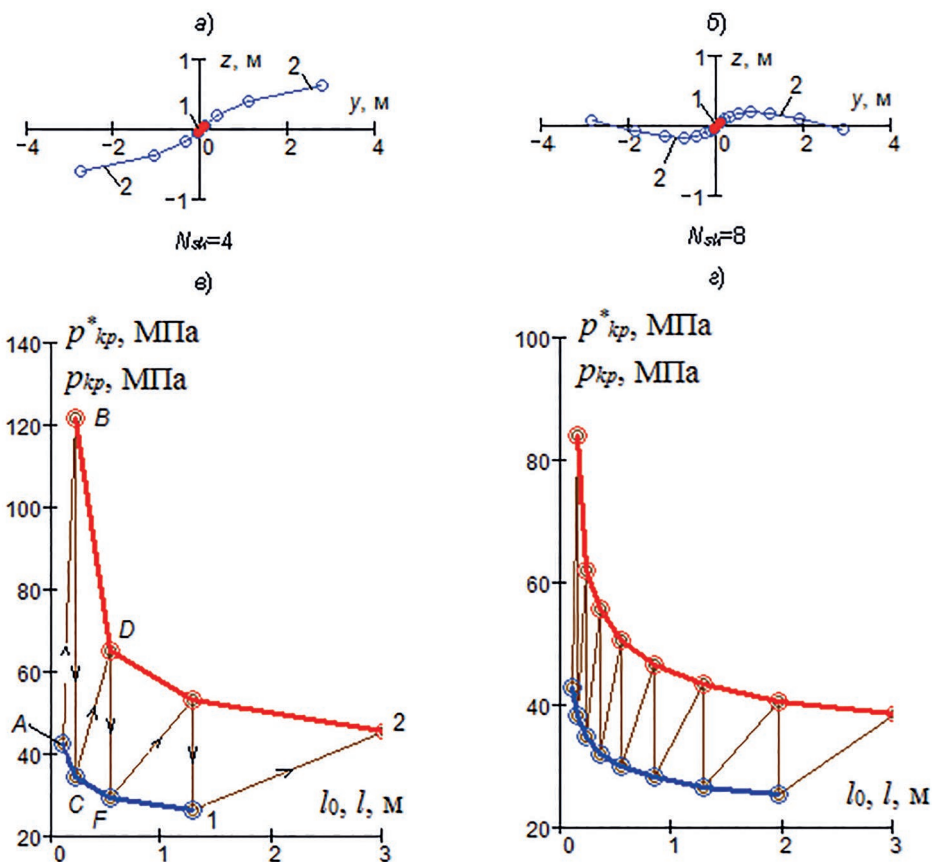


Рисунок 3 – Траектории трещины и графики критических давлений, соответствующие $\alpha_i=30^\circ$
 Figure 3 – Crack trajectories and critical stress graphs corresponding to $\alpha_i=30^\circ$

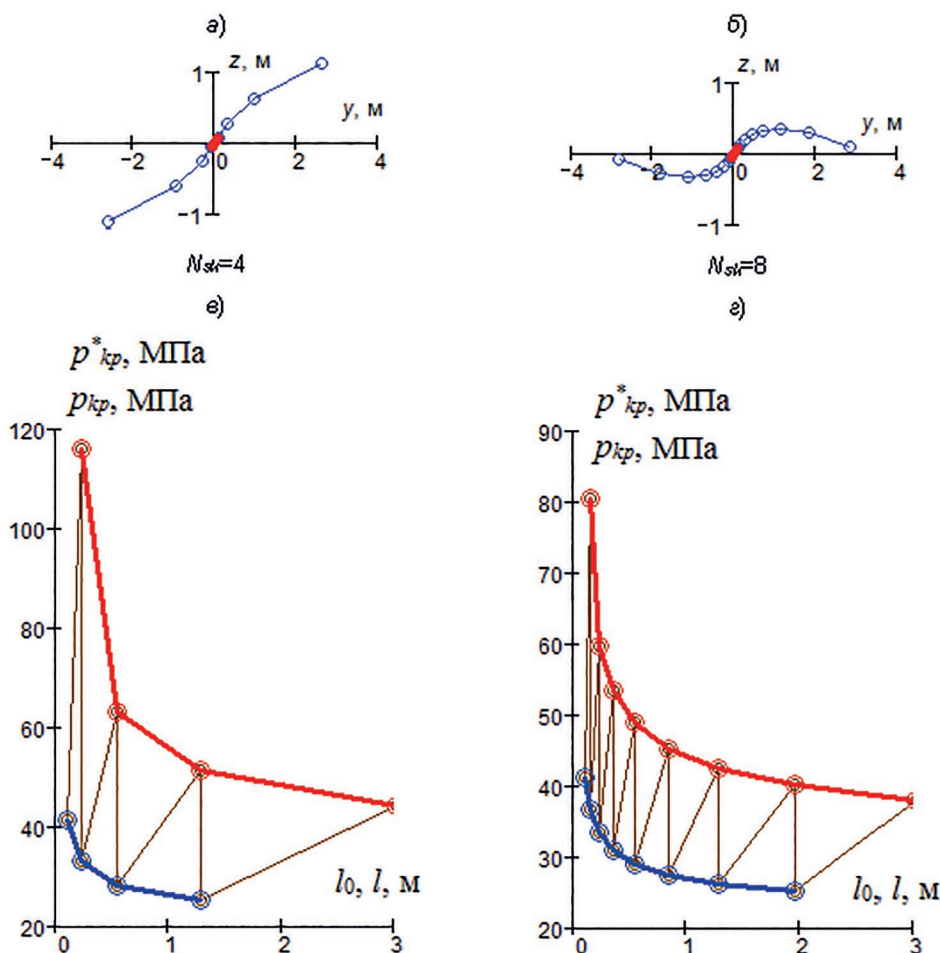


Рисунок 4 – Траектории трещины и графики критических давлений, соответствующие $\alpha_i=45^\circ$
 Figure 4 – Crack trajectories and critical stress graphs corresponding to $\alpha_i=45^\circ$

ны трещины оба критических давления резко уменьшаются, и при значительной её длине эти уменьшения становятся небольшими.

На рисунке 4 представлены траектории движения трещины и графики критических давлений, построенные при угле наклона начальной трещины к горизонту под углом 45° , причём на фрагментах а, в данного рисунка они соответствуют $N_{sk}=4$, а на фрагментах б, г – $N_{sk}=8$.

Из рисунка следует, что картины траекторий движения трещины по сравнению с траекториями рисунка 3 качественно не изменились, однако уменьшился период траектории трещины при $N_{sk}=8$. Что касается графиков критических давлений, то их ординаты уменьшились по сравнению с ординатами этих давлений, построенных на рисунке 3 при $\alpha_i=30^\circ$.

Из сравнения графиков верхних критических давлений, представленных на рисунках 3, 4, следует, что их ординаты зависят от количества скачков приращения длины трещины при её прорастании, и особенно это касается первых

значений p_{kp}^* .

В этой связи на рисунке 5 построены графики зависимости верхних критических давлений, соответствующих первому скачку прорастания трещины (кривая 1) и последнему скачку (кривая 2) от количества скачков N_{sk} . Угол наклона начальной трещины $\alpha_i=30^\circ$.

Графики представляют собой плавные вогнутые убывающие кривые. Из них следует, что прорастание трещины происходит при сравнительно большом давлении жидкости.

4. ВЫВОДЫ:

1. Траектория скачкообразного прорастания наклонённой к горизонту одиночной «зародышевой» трещины, находящейся под внутренним давлением, определяется рядом факторов. В неравнокомпонентном поле напряжений (коэффициент бокового давления меньше единицы) нагруженного массива горных пород движение трещины, длина которой увеличивается экспоненциально, происходит по нелинейной траектории. Её нелинейный характер в большей

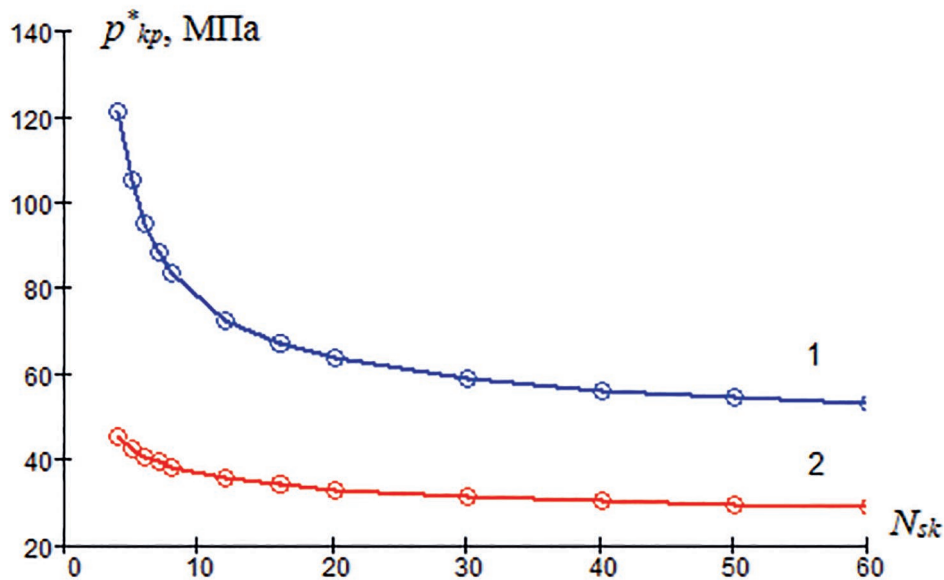


Рисунок 5 – График зависимости критического давления $p^*_{кр}$ от числа скачков N_{sk}
 Figure 5 – Critical stress $p^*_{кр}$ dependence graphs of jump number N_{sk}

степени проявляется с увеличением числа скачков акустической эмиссии. Причём, независимо от угла наклона, трещина распространяется вдоль горизонтальной линии, перпендикулярной максимальному главному напряжению исходного гравитационного поля.

2. С увеличением количества скачков растущей трещины траектория её движения приобретает гармоническую составляющую, период которой зависит ещё и от угла наклона начальной трещины.

3. Верхнее критическое давление, при котором происходит прорастание трещины, за-

висит от количества скачков приращению длины трещины. Связь между этими параметрами нелинейная. Зависимость же критических давлений от угла наклона «зародышевой» трещины незначительна.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №17-17-01143).

The study was carried out at the expense of the Russian Science Foundation grant (project No. 17-17-01143).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбросов. М.: Недра, 1983. 280 с.
2. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок. М.: Недра, 1976. 272 с.
3. Черданцев Н.В., Черданцев С.В. Разработка модели геомеханического состояния углепородного массива, вмещающего пластовую выработку // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 11. С. 41–45.
4. Чернов О. И., Пузырев В.Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. М.: Недра, 1979. 296 с.
5. Козырева Е.Н., Шинкевич М.В., Назаров Н.Ю. Некоторые особенности управления метанообильностью высокопроизводительного выемочного участка // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 9. С. 322–325.
6. Козырева Е.Н., Шинкевич М.В. Особенности газогеохимических процессов на выемочном участке шахты // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2010. № 2. С. 28–35.
7. Варфоломеев Е.Л., Борисов И.Л., Михайлов А.Ю. Экономическая эффективность реализации новых нормативных требований по вскрытию и подготовке склонных к самовозгоранию угольных пластов // Горная промышленность. 2016. № 1 (125). С. 54–57.
8. Варфоломеев Е.Л., Борисов И.Л. Технология разработки мощного пласта системой параллельных камер шириной до 6,0 м по каждому слою с погашением межкамерных целиков // Вестник КузГТУ. 2014. № 5. С. 40–43.
9. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев, А.В. Савченко. Новосибирск: Новосибирский писатель, 2011. 524 с.
10. Христианович С.А. Механика сплошной среды. М.: Наука, 1981. 484 с.
11. Мыртынюк В.А., Павлов В.А., Сердюков С.В. Комплексное использование гидроразрыва и деформационных измерений в оценке напряжённого состояния массива проницаемых горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 2. С. 155–163.
12. Шадрин А.В. Сейсмоакустическая реакция угольного массива на процесс его гидрообработки // ФТПРПИ. 1983. № 6. С. 29–34.

13. Седов Л.И. Механика сплошной среды. М.: Наука, 1984. 560 с.
14. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. М.: Наука, 1974. 312 с.
15. Хеллан К. Введение в механику разрушения. М.: Мир, 1988. 364 с.
16. Шадрин А.В., Зыков В.С. Акустическая эмиссия выбросоопасных пластов. Обзорная информация. М.: ЦНИЭ-Иуголь, 1991. 43 с.

REFERENCES

1. Petukhov, I.M., & Linkov, A.M. (1983). *Mekhanika gornyykh udarov i vybrosov [Rock shocks and outbursts mechanics]*. Moscow: Nedra [in Russian].
2. Fisenko, G.L. (1976). *Predelnyie sostoiania gornyykh porod vokrug vyrabotok [Limiting conditions of rocks around openings]*. Moscow: Nedra [in Russian].
3. Cherdantsev, N.V., & Cherdantsev, S.V. (2014). Razrabotka modeli geomekhanicheskogo sostoyaniya ugleporodnogo massiva, vmeshchayushchego plastovuyu vyrabotku [Development of a model for the geomechanical state of a coal-bearing massif containing a seam opening]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety*, 11, 41-45 [in Russian].
4. Chernov, O.I., & Puzyrev, V.N. (1979). *Prognoz vnezapnykh vybrosov uglia i gaza [Sudden coal and gas outbursts' forecast]*. Moscow: Nedra [in Russian].
5. Kozyreva, Ye.N., Shinkevich, M.V., & Nazarov, N.Yu. (2011). Nekotorye osobennosti upravleniya metanoobilnostiu vysokoproizvoditelnogo vyemochnogo uchastka [Some management features of the high methane inflow high-performance coal extraction section]. *Gornyy informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, 9, 322-325 [in Russian].
6. Kozyreva, Ye.N., & Shinkevich, M.V., (2010). Osobennosti gazogeomekhanicheskikh processov na vyemochnom uchastke shahty [Features of gas geomechanical processes at the mine coal extraction section]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center*, 2, 28-35 [in Russian].
7. Varfolomeev, Ye.L., Borisov, I.L., & Mikhailov, A.Yu. (2016) Ehkonomicheskaya ehffektivnost realizatsii novykh normativnykh trebovaniy po vskrytiyu i podgotovke sklonnykh k samovozgoraniyu ugolnykh plastov [Economic efficiency of new regulatory requirements implementation for the opening and preparation of coalbeds prone to spontaneous combustion]. *Gornaya promyshlennost – Coal Mining*, 1(125), 54-57 [in Russian].
8. Varfolomeev, Ye.L., & Borisov, I.L. (2014). Tekhnologiya razrabotki moshchnogo plasta sistemoy parallelnykh kamer shirinij do 6,0 m po kazhdomu sloyu s pogasheniem mezhkamernykh tselikov [The technology of developing a thick seam with a system of parallel chambers up to 6.0 m wide for each layer with extraction of the inter-chamber pillars]. *Vestnik KuzGTU – KuzGTU Herald*, 5, 40-43 [in Russian].
9. Klishin, V.I., Zvorygin, L.V., Lebedev, A.V., & Savchenko, A.V. (2011). *Problemy bezopasnosti i novye tekhnologii podzemnoi razrabotki ugolnykh mestorozhdenii [Safety problems and new methods of underground coal reserves development]*. Novosibirsk: Novosibirski pisatel [in Russian].
10. Khristianovich, S.A. (1981). *Mekhanika sploshnoi sredy [Continuum mechanics]*. Moscow: Nauka [in Russian].
11. Martyniuk, V.A., Pavlov, V.A, & Serdiukov, S.V. (2013). Kompleksnoe ispolzovanie gidrorazryva i deformatsionnykh izmerenii v otsenke napryazhyonnogo sostoyaniya massiva pronitsaemykh gornyykh porod [Comprehensive use of hydraulic fracturing and deformation measurements in the evaluation of permeable rock massif stressed state]. *Gornyy informatsionno-analiticheskii biulleten – Mining Informational Analytical Bulletin*, 2, 155-163 [in Russian].
12. Shadrin, A.V. (1983). Seismoakusticheskaya reatsiya ugolnogo massiva na protsess ego gidroobrabotki [Seismoacoustic reaction of a coal massif to the process of its hydrotreatment]. *FTPRPI* 6, 29-34 [in Russian].
13. Sedov, L.I. (1984). *Mekhanika sploshnoi sredy [Continuum mechanics]*. Moscow: Nauka [in Russian].
14. Kachanov, L.M. (1974). *Osnovy mekhaniki razrusheniya [Destruction mechanics grounds]*. Moscow: Nauka [in Russian].
15. Khellan, K. (1988). *Vvedeniie v mekhaniku razrusheniia [Introduction into destruction mechanics]*. Moscow: Mir [in Russian].
16. Shadrin, A.V., & Zыkov, V.S. (1991). *Akusticheskaja emissia vybrosoopasnykh plastov. Obzornaia informatsia. [Acoustic emission of outburst prone seams. Review]*. Moscow: CNIEIugol [in Russian].

ООО "ГОРНЫЙ-ЦОТ"

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

ВЫПУСКАЕМЫЕ ПРИБОРЫ



Прибор контроля запыленности воздуха ПКА-01



Прибор контроля пылевзрывобезопасности горных выработок ПКП



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



Измеритель запыленности стационарный ИЗСТ-01



Система контроля параметров дегазационной сети СКП ДС



Стационарный анализатор контроля параметров атмосферы Gasos заперемычного пространства

INDSAFE.RU

а так же оказывает услуги следующих направлений:

- ▶ разработка систем измерения климатических параметров рудничной атмосферы (температуры; влажности; скорости и направления ветра; давления);
- ▶ разработка программного обеспечения для встраиваемых систем;
- ▶ разработка приборов по индивидуальным заказам, в т.ч. по схеме по-патенту;
- ▶ 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



■ Я.С. Ворошилов //
Ya.S. Voroshilov
yaroslav.voroshilov@gmail.com

канд. техн. наук, заместитель директора
ООО «Горный-ЦОТ», Россия, 650002, г.
Кемерово, Сосновый бульвар, 1
candidate of technical sciences, deputy
director of ООО "Gorny-COT", Russia,
650002, Kemerovo, Sosnoviy Bl., 1



■ Д. А. Трубицына //
D. A. Trubitsyna
dtrubitsyna@gmail.com

выпускающий редактор ООО "ВостЭКО",
650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар,
16, 228
commissioning editor "VostECO" Ltd.,
Russia, 650056, Kemerovo, Sosnoviy Bl.,
1b, 228

УДК 622.8

РАЗРАБОТКА МЕТОДА И СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ПЫЛЕОТЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ПЫЛЕВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

DUST DEPOSITION INTENSITY METHOD AND CONTROL SYSTEM DEVELOPMENT IN ORDER TO INCREASE THE UNDERGROUND COAL MINE OPENINGS DUST EXPLOSION SAFETY

В статье приведены результаты многолетнего комплекса лабораторных и шахтных исследований, по результатам которых изучены закономерности интенсивности пылеотложений по сети горных выработок в угольных шахтах Кузбасса. Установлены специфические различия в распределении дисперсных составов отложившейся угольной пыли для каменных углей разной стадии метаморфизма. Также установлены различия в характере распределения интенсивности пылеотложений по горным выработкам на разных участках. Приведены результаты разработки алгоритма определения величины интенсивности пылеотложения от одного источника интенсивного пылевыделения до следующего на основе измерения концентрации витающей пыли, распределения дисперсного состава витающей пыли, влажности, температуры, скорости движения воздуха. Проведенные теоретические исследования позволили разработать средство автоматического контроля запыленности шахтной атмосферы и интенсивности пылеотложений на основе оптического метода малых углов рассеяния с применением нескольких приемников оптического излучения, расположенных под разными углами, что позволило с минимальной погрешностью измерения не только регистрировать концентрацию витающей пыли, но и увеличить видимый спектр размеров частиц до диапазона 0-150 мкм и дало возможность для практического осуществления мгновенного анализа дисперсного состава витающей пыли, необходимого для расчета интенсивности пылеотложений до следующего источника интенсивного пылевыделения.

The article presents the results of a long-term complex of laboratory and mine studies, according to which the regularities of dust deposition intensity along the network of mine openings in the coal mines of Kuzbass were studied. Specific differences in the deposited coal dust dispersed compositions' distribution for different metamorphism stages coals have been established. Also, the nature differences in the distribution of the dust deposition intensity in the mine workings at different sites are established. The algorithm development results for determining the dust deposition intensity magnitude from a single source of intense dust emission to the next one on the basis of measuring the airborne dust concentration, the airborne dust dispersed composition distribution, humidity, temperature, air velocity are shown.

The carried out theoretical researches allowed to develop mine atmosphere dustiness and the dust deposition intensity automatic control means based on the optical method of small scattering angles using several optical radiation receivers located at different angles, which allowed with a minimum measurement error not only to register the concentration of the airborne dust, but also to increase the visible spectrum of particle sizes to the range of 0-150 μm and made it possible for practical realization of the instant analysis of the airborne

dust dispersed composition necessary to calculate the intensity of dust deposition to the next intense dusting source.

Ключевые слова: ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЫЛЕОТЛОЖЕНИЙ, ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ, ПЛОТНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД МАЛЫХ УГЛОВ РАССЕЯНИЯ, КОНЦЕНТРАЦИЯ ВИТАЮЩЕЙ ПЫЛИ, ИСТОЧНИК ИНТЕНСИВНОГО ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЯ, ГОРНАЯ ВЫРАБОТКА

Key words: DUST DEPOSITION INTENSITY, DISPERSED COMPOSITION, DISTRIBUTION DENSITY, SMALL SCATTERING ANGLES OPTICAL METHOD, AIRBORNE DUST CONCENTRATION, INTENSE DUST EMISSION SOURCE, MINE OPENING

Взрывы пыле-метановоздушной смеси являются основной причиной крупномасштабных катастроф на угольных шахтах России и мира и влекут за собой десятки и сотни жизней горняков. К основным факторам, определяющим участие взрывчатой угольной пыли во взрыве метановоздушной смеси, можно отнести дисперсный состав отложившейся пыли, величину интенсивности пылеотложений по сети горных выработок. Ударная волна, возникающая при взрыве метана, движется впереди фронта пламени по выработке и взметывает отложившуюся угольную пыль, создавая в атмосфере взрывчатую концентрацию. Ее величина, в зависимости от степени взрывчатости, изменяется для разных угольных пластов в широких диапазонах от 20 до 100 г/м³ и более. Для приведения горной выработки во взрывобезопасное состояние используют, в основном, два способа: мокрая уборка и осланцевание. Последний является по сути способом снижения концентрации взрывоопасной угольной составляющей за счет внесения инертной добавки. Нормы добавки инертной пыли определяются лабораторно при вскрытии каждого угольного пласта. При этом осланцевание выработки должно проводиться в строгом соответствии с нормой добавки и Правилами безопасности в угольных шахтах. Определение периодичности осланцевания до сих пор проводится либо сложным расчетным методом либо с помощью подложек. Основная суть этих методов состоит в определении величины интенсивности пылеотложений, при этом и тот и другой методы весьма трудоемки. В Правилах безопасности (п. 187 ПБ) [1] установлена необходимость непрерывного автоматического контроля интенсивности пылеотложений. Однако в настоящее время отсутствуют приборы для его проведения. Поэтому задача автоматического и непрерывного контроля величины интенсивности пылеотложений весьма актуальна с позиций повышения безопасности ведения горных работ. Это позволит оперативно принимать решения о проведении профилактических мероприятий по приведению горных выработок во взрывобезо-

пасное состояние.

Взрывчатая угольная пыль является одной из основных опасностей в угольных шахтах. При этом главную опасность представляют скопления отложившейся по сети горных выработок пыли. Если уровень концентрации витающей в атмосфере выработок пыли в последнее время удалось существенно ограничить нормативно до 150–200 мг/м³ (что на два порядка меньше нижнего концентрационного предела взрываемости наиболее опасных пластов), то с пылеотложениями дело обстоит существенно сложнее. В призабойной зоне очистных и подготовительных выработок с исходящей вентиляционной струей опасные накопления отложившейся пыли могут образовываться за несколько часов или даже минут работы горной техники.

В результате выполненного анализа существующих способов и средств контроля пылевого режима в угольных шахтах установлено, что состояние соблюдения пылевого режима не соответствует требованиям положений [1-2]. Необходимо поэтапное решение данной проблемы. Первый этап заключается в проведении исследований и установлении закономерностей процесса пылеотложений витающей угольной пыли по сети горных выработок в зависимости от марочного состава угля и комплекса технологических параметров, таких как нагрузка на забой, скорость вентиляции и пр. Второй этап предполагает поиск новых способов и разработку новых средств обеспечения пылевзрывобезопасности угольных шахт. Данные исследования позволят также определить методы оценки и контроля состояния пылевзрывобезопасности горных выработок и разработать технические решения для их реализации. Результат комплекса работ и станет основой методологии пылевзрывозащиты угольных шахт.

На протяжении более семи лет проводились исследования дисперсного состава угольной пыли, отложившейся по сети горных выработок в местах с наибольшей интенсивностью, которые выполнялось по следующей методике.

Отбор проб отложившейся угольной пыли и угля для лабораторных исследований осу-

ществлялся в соответствии с ГОСТ 21153.0-75в следующих местах:

- в 50 м от забоя (комбайна) по ходу движения вентиляционной струи;
- в 250–300 м от забоя;
- в 450–500 м от забоя.

Определение гранулометрического состава образцов углей крупностью +0,1 мм проводили ситовым методом [3], крупностью менее 0,1 мм – лазерным методом на дифракционном микроанализаторе размера частиц «Analyzette 22 COMPACT».

В соответствии с приведенной методикой

были отобраны более 200 проб отложившейся угольной пыли на исходящих очистных и подготовительных забоях, а также пластовые пробы и пробы разрушенного угля из-под комбайна в каждом обследуемом забое более чем на 40 шахтах Кузбасса. После предварительной обработки и маркировки пробы отправлялись на анализ дисперсного состава в лабораторию Института проблем комплексного освоения недр Российской Академии наук (ИПКОН РАН) под руководством доктора технических наук, профессора В. В. Кудряшова.

Результаты исследований показали, что

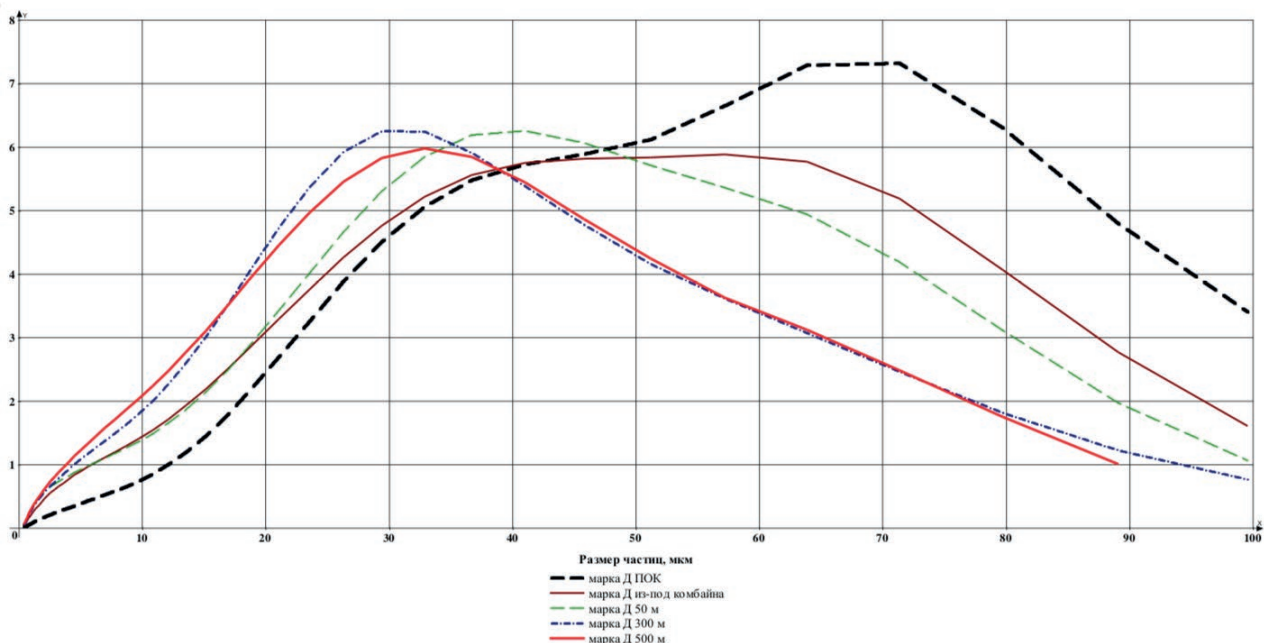


Рисунок 1 – Распределения средних значений дисперсного состава проб пыли угля марки Д
Figure 1 - Distributions of average values of the dispersed composition of coal dust samples of brand D

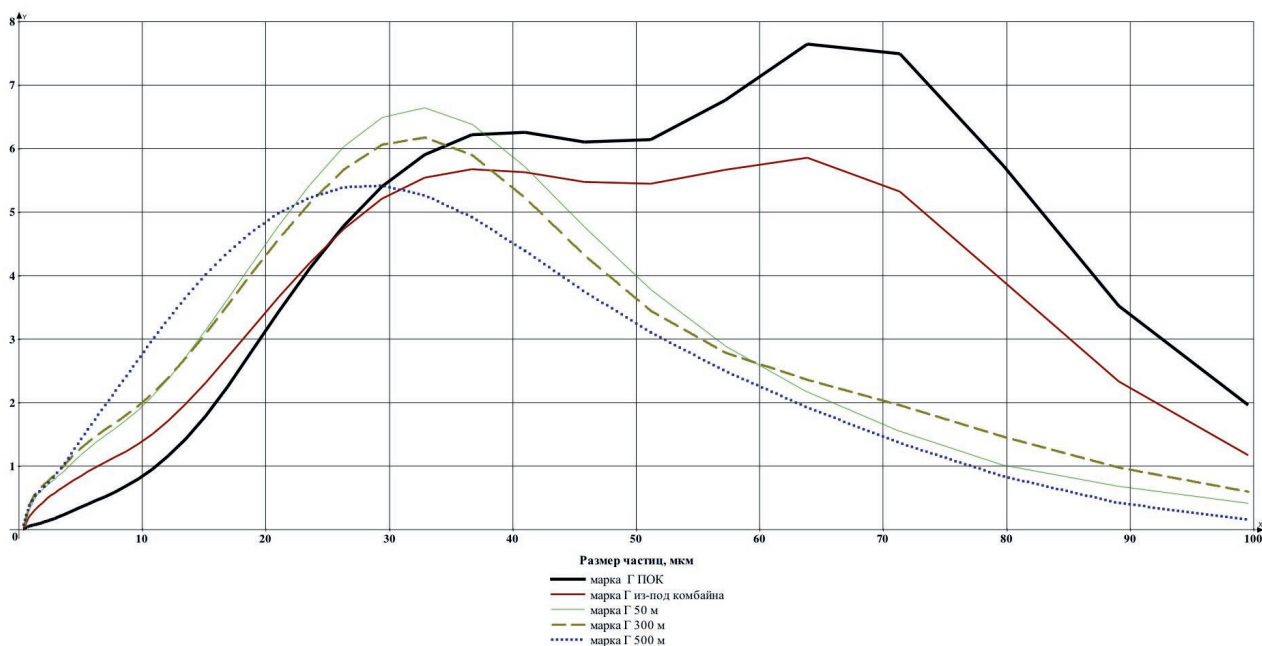


Рисунок 2 – Распределения средних значений дисперсного состава проб пыли угля марки Г
Figure 2 - Distributions of average values of the dispersed composition of dust samples of coal brand G

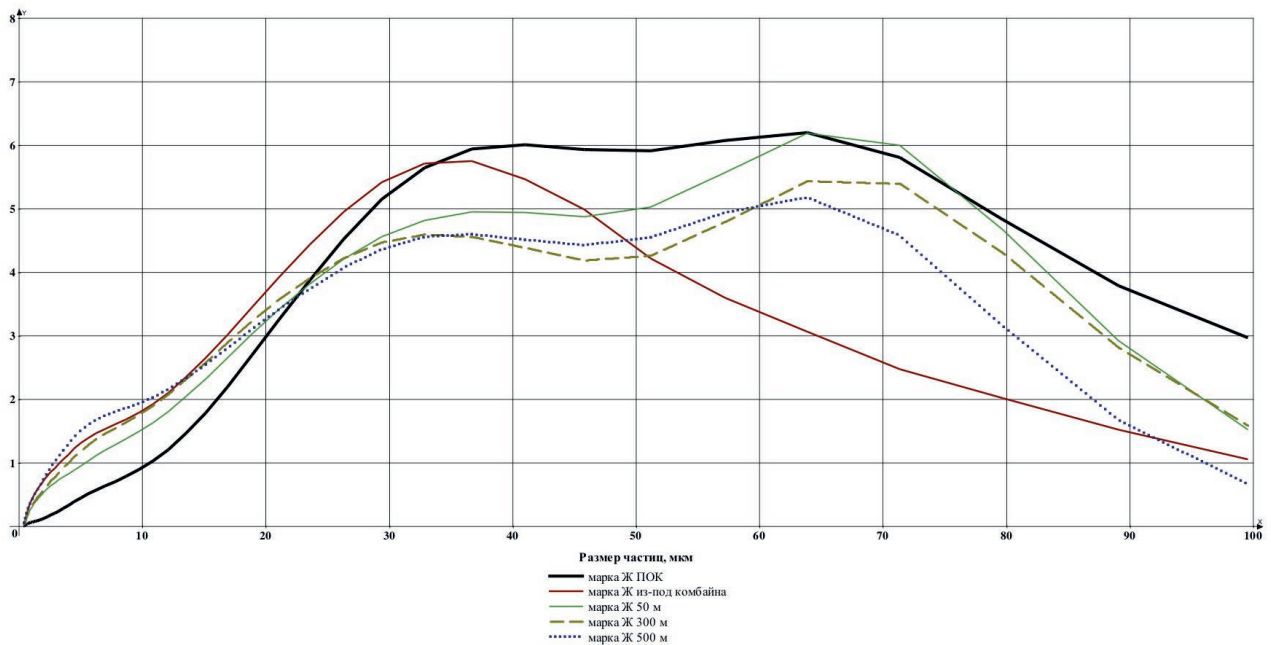


Рисунок 3 - Распределения средних значений дисперсного состава проб пыли угля марки Ж
 Figure 3 - Distributions of mean values of the dispersion composition of coal dust samples of brand G

выход фракций пыли различного диаметра для каждой марки угля имеет специфические закономерности [4-7]. Коротко приведем некоторые данные, полученные в результате обработки проб.

Характер распределения дисперсного состава углей марки Д имеет только одну моду с расстояния 50 м от забоя: максимум весовой доли в 50 м от комбайна приходится на частицы размером 42 мкм (6,3 %), в 300 и 500 м от забоя – для размеров частиц 33 мкм (6,3 и 6,0 % соответственно). Суммарная весовая доля фракций в пробах пыли, отобранных на расстоянии 50 (диапазон размеров частиц составляет 0–42 мкм), 300 и 500 м (диапазон размеров частиц – 0–33 мкм) от забоя, составляет 67 %.

Содержание тонких фракций (до 10 мкм) в пробах из-под комбайна равно 17 %, для остальных точек – 18–23 % (рис. 1).

Характер распределения дисперсного состава углей марки Г имеет только одну моду с расстояния 50 м от забоя: максимум весовой доли в 50 и 300 м от забоя наблюдается для частиц размером 33 мкм (6,7 и 6,2 % соответственно). С дальнейшим увеличением расстояния от забоя максимум распределения сдвигается в сторону уменьшения размера частиц – 28–29 мкм (5,4 %). Суммарная весовая доля фракций для расстояний 50, 300 (диапазон размеров частиц составляет 0–33 мкм) и 500 м (диапазон – 0–29 мкм) составляет 70 %.

Содержание тонких фракций (до 10 мкм) в пробах из-под комбайна равно 15 %, для остальных

точек – 23 – 8 %.

Содержание частиц размером более 50 мкм с удалением от забоя на 50 м и далее – менее 10 % (рис. 2).

Характер распределения дисперсного состава всех проб углей марки Ж бимодальный. При этом максимумы распределения первой и второй моды совпадают во всех пробах. Кроме того, максимум одномодального распределения приходится на размер частиц 37 мкм: из-под комбайна - 5,7 %, на расстоянии 50 м - 4,9 % и 4,5 % в пробах, отобранных на расстоянии 300 и 500 м (рис. 3).

Максимум второй моды приходится на размер частиц 63–64 мкм: на расстоянии 50 м составляет 6,2 %, 300 м – 5,4 %, 500 м – 5,2 %.

Суммарная весовая доля фракций до 37 мкм в пробах из-под комбайна составляет 70 %, 50 м – 56 %, 300 м – 62 %, 500 м – 65 %; фракций 63 мкм в пробах, отобранных в 50 и 300 м от забоя – 85 %, 500 м – 90 %.

Содержание тонких фракций (до 10 мкм) во всех пробах составляет 18–27 %.

Характер распределения дисперсного состава всех проб углей марки К одномодальный. При этом в пробах, отобранных на расстоянии 50 м максимум распределения приходится на размер частиц 33 мкм - 5,9 %. Для проб, отобранных на расстоянии 300 и 500 м, максимум приходится на размер частиц 30 мкм и составляет 4,9–5,0 % (рис. 4).

Суммарная весовая доля фракций до 33 мкм в пробах, отобранных на расстоянии 50 м –

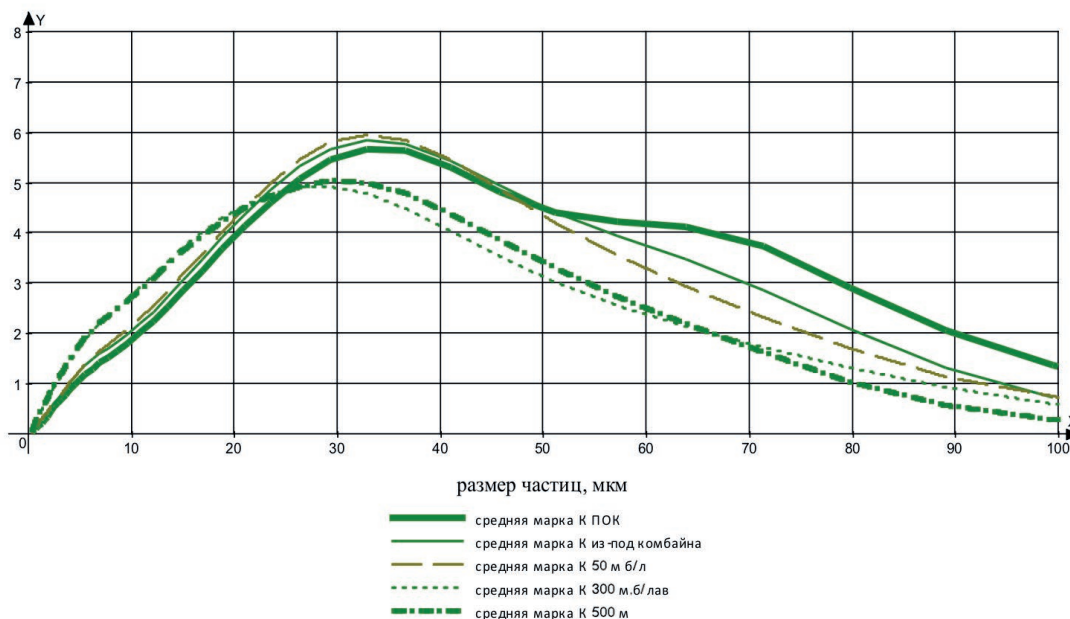


Рисунок 4 – Средние распределения дисперсного состава проб пыли угля марки К
 Figure 4 - Average distributions of the dispersed composition of coal dust samples of brand K

67 %, фракций до 30 мкм в пробах 300 и 500 м от забоя – 70 %.

Содержание тонких фракций (до 10 мкм) в пробах, отобранных на расстоянии 50 м от забоя составляет 17–21 %, в 300 и 500 м от забоя – 30 %.

Анализ средних значений плотности распределения дисперсного состава угольной пыли для различных марок угля в пробах, отобранных в 50, 300 и 500 м от забоя показывает, что дисперсный состав пыли существенно зависит от марочного состава угля. С увеличением стадии метаморфизма выход мелких фракций угольной пыли значительно увеличивается. Максимальное значение дисперсного состава смещается от низко- к высоко метаморфизированным углям с 41 мкм до 33 мкм, т.е. в среднем на 25 % (табл.1).

Таким образом, плотность распределения пылевых фракций при разрушении угля зависит от марочного состава и с ростом степени метаморфизма угля сдвигается на 20–25 % в сторону увеличения выхода мелких фракций пыли для углей марок К и Ж, а именно: дисперсный состав отложившейся угольной пыли в диапазоне размеров частиц до 100 мкм каменных углей высокой стадии метаморфизма характеризуется мономодальным распределением с преимуще-

ственным содержанием наиболее взрывоопасных фракций до 30 мкм. Угли марок Д и Г имеют полимодальное распределение с максимумами весовых долей фракций в диапазонах 30 и 60 мкм. Это существенно повышает пылевзрывоопасность по длине выработки и требует пересмотра норм осланцевания и качества пылевзрывозащитных мероприятий.

С увеличением степени дисперсности и удельной поверхности взрывчатость угольной пыли непрерывно возрастает; основным носителем взрывчатых свойств угольной пыли являются фракции размером менее 75 мкм. Максимум взрывчатости наблюдается при диаметре фракции <10 мкм, затем вследствие аутогезии мелких частиц взрывоопасность угольной пыли снижается. Таким образом, по мере удаления от источника образования пыль становится более взрывоопасной, поскольку возрастает степень ее дисперсности.

В качестве примера на рис. 5-9 приведены графики распределений угольной пыли по фракциям при разной удаленности места отбора проб от источника пылевыделения, отобранных на подложки на шахтах «Заречная» и «Алардинская». При удалении от забоя в пробах пылеот-

Таблица 1 – Плотность распределения для углей разной стадии метаморфизма (средние значения для проб, отобранных на расстоянии 50 и 100 м)

Марка угля	Максимум 1-й моды, мкм	Содержание в максимуме, %	Максимум 2-й моды, мкм	Содержание в максимуме, %
Д	41	78,3	-	-
Г	33	76,1	-	-
Ж	37	65,8	63,9	89,4
К	33	75,1	-	-

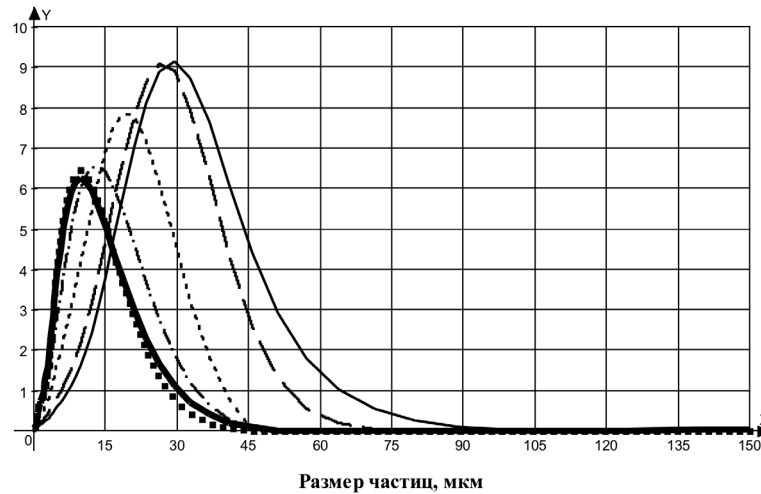


Рисунок 5 – Изменение дисперсного состава пылеотложений в зависимости от удаления от лавы шахты Заречная (дата отбора проб 22.02.2012 г). Тонкие линии: сплошная – расстояние от лавы 20 м; штриховая – 50 м; точечная – 100 м; штрихпунктирная – 310 м; толстые: сплошная – 510 м; точечная – 710 м
 Figure 5 - Change in the dispersed composition of dust deposition, depending on the distance from the lava mine Zarechnaya (sampling date 22.02.2012). Thin lines: solid - distance from the lava 20 m; dashed - 50 m; point - 100 m; dash-dotted - 310 m; thick: solid - 510 m; dotted - 710 m

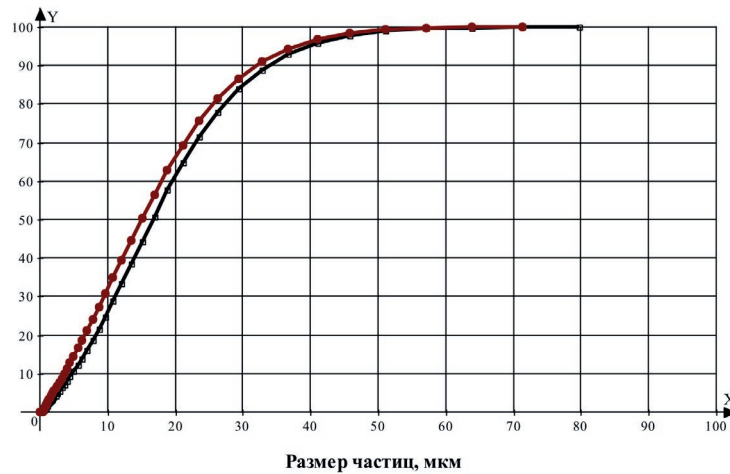


Рисунок 6 – Суммарное распределение дисперсного состава в пробах отобранных в лаве 1309 ш. Заречная (марка Г) в 50 м (черная линия) и 300 м (красная) от лавы
 Figure 6 - Total distribution of the disperse composition in samples taken in lava 1309 Zarechnaya mine (brand G) is 50 m (black line) and 300 m (red) from the lava

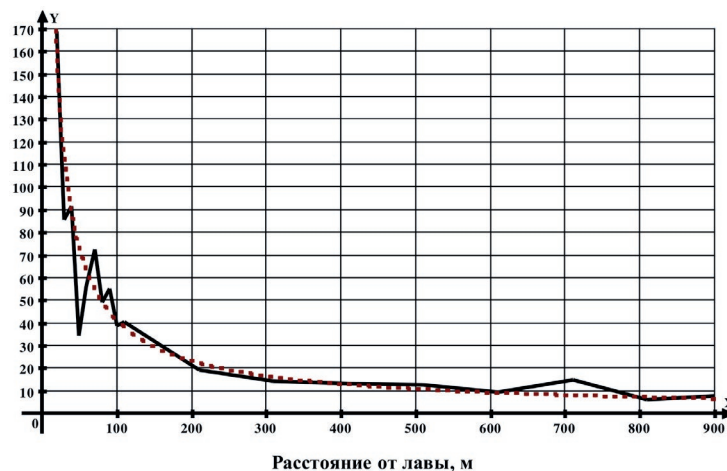


Рисунок 7 – Интенсивность пылеотложений (среднее значение за 6 суток наблюдений) на ш. Заречная в лаве 1309 (марка Г), средняя добыча 7833 тыс. т/сут, среднее показание ИЗСТ 89,88 мг/м³
 Figure 7 - Intensity of dust deposition (mean value over 6 days of observations) at Zarechnaya mine in lava 1309 (brand G), the average production is 7,833 thousand tons/day, the average reading is 89,38 mg/m³

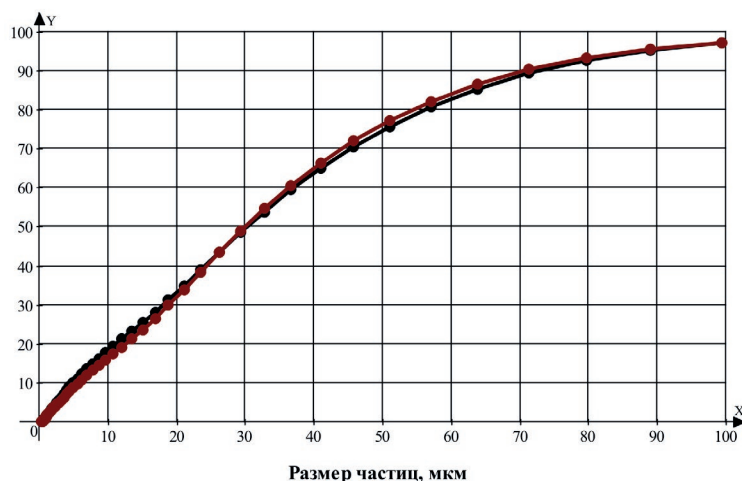


Рисунок 8 – Суммарное распределение дисперсного состава в пробах отобранных в лаве 3-32 ш. Алардинская (марка КС) в 50 м (черная линия) и 300 м (красная) от лавы
 Figure 8 - Total distribution of disperse composition in samples taken in lava 3-32 Alardinskaya mine (brand KS) at 50 m (black line) and 300 m (red) from the lava

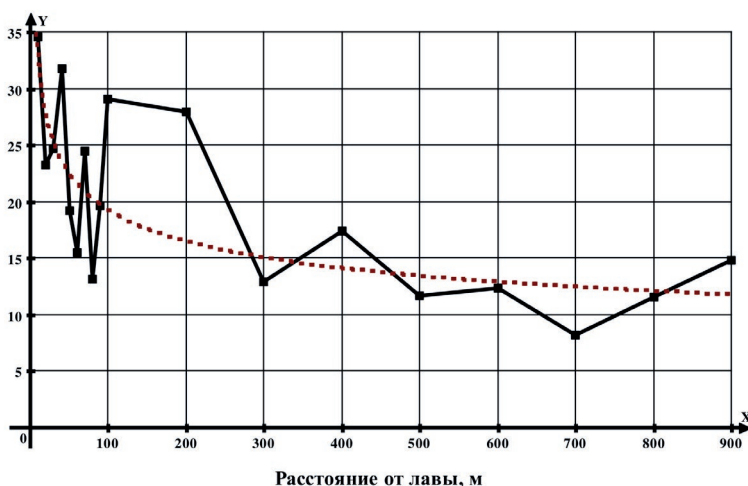


Рисунок 9 – Интенсивность пылеотложений (среднее значение за 5 суток наблюдений) на ш. Алардинская в лаве 3-32 (марка КС), средняя добыча 5500 тыс. т/сут, среднее показание ИЗСТ 13,0 мг/м³
 Figure 9 - Intensity of dust deposition (average value over 5 days of observations) at Alardinskaya mine in lava 3-32 (brand KS), the average production is 5,500 thousand tons/day, the average reading is FAST 13,0 mg/m³

ложений преобладают тонкие фракции.

Таким образом, на участке горной выработки от источника пылевыделения до отметки 50-70 м характер пылеотложений определяется интегральной плотностью распределения фракций более 20 мкм и описывается гиперболической зависимостью; для углей с содержанием фракций до 20 мкм менее 40 % - линейной. Далее по выработке для всех углей характер распределения пылеотложений имеет линейный вид и определяется суммарной плотностью распределения фракций до 20 мкм.

Это дает предпосылки для формулирования исходных требований к созданию средства контроля интенсивности пылеотложений.

Проведенный анализ показал, что к одним из основных факторов, влияющих на пылевзрывоопасное состояние горных выработок, относятся интенсивность пылеотложений и дисперсный состав угольной пыли, которые при уве-

личении нагрузок на очистные забои приобретают решающее значение.

В результате проведенных шахтных исследований установлено, что при современных нагрузках на очистные забои резко возрастают общее поступление тонких фракций в атмосферу и интенсивность отложения в горных выработках угольной пыли. Кроме того, интенсивность пылеотложений по длине выработки уменьшается с удалением от лавы, а максимум пылеотложений (50–120 г/(м³·сут) находится на расстоянии до 100 м от лавы, и далее идет равномерное его снижение до 8–20 г/(м³·сут). При таких значениях интенсивности пылеотложений выработка переходит во взрывоопасное состояние уже через несколько часов работы по выемке угля.

Для проведения исследований в шахтах была разработана «Методика (метод) измерения количества отложившейся пыли с использованием измерителей запыленности стацио-

нарных ИЗСТ-01» [4], в соответствии с которой проведен отбор проб на подложки и регистрация средних значений показаний стационарных датчиков запыленности. В результате получены зависимости интенсивности пылеотложений от запыленности воздуха в местах установки датчика запыленности и закономерности распределения интенсивности пылеотложений по длине выработки. Это позволяет рассчитывать показатели пылевзрывобезопасности горных выработок на основании измерений концентрации пыли в воздухе на исходящей струе из забоя.

Интенсивность пылеотложения, полученная по результатам проведенных лабораторных и шахтных исследований, можно определять по формуле:

$$P_t = 86,4 \frac{f(r)vl^B}{S(W+W_B)} \text{ г/м}^3\text{сут.}, \quad (1)$$

где: v - скорость движения воздуха по выработке, м/с; l - расстояние от источника пылеобразования, м; S - сечение выработки, м²; B - коэффициент, учитывающий влияние степени метаморфизма угля; $f(r)$ - суммарное значение функции распределения частиц по размеру в момент измерения концентрации, мг/м³; W - естественная влажность угля, %; W_B - относительная влажность воздуха в горной выработке, %.

Сравнение расчетных значений интенсивности пылеотложений, данных, полученных по подложкам и по результатам пересчета концентрации витающей пыли с помощью двух датчиков ИЗСТ-01 в соответствии с [4], показало хорошую сходимость результатов шахтных испытаний и расчетного метода (погрешность находилась в диапазоне $\pm (16 \div 24) \%$ в зависимости от диапазона). Таким образом, анализ результатов проведенного комплекса лабораторных и шахтных исследований показал, что определение величины интенсивности пылеотложения от одного источника интенсивного пылевыделения до следующего, следует проводить на основе измерения концентрации витающей пыли, распределения дисперсного состава витающей пыли, влажности, температуры, скорости движения воздуха.

В настоящее время методы определения концентрации в сочетании с определением дисперсного состава частиц, находящихся в свободном (взвешенном) состоянии в воздухе атмосферы можно разделить на два типа: контактные и бесконтактные. К контактным методам можно отнести методы пробоотбора, а к бесконтактным методам можно отнести оптические, и частично трибоэлектрические [4].

Оптический метод измерения дисперсного

состава и концентрации аэрозоля не воздействует на частицы находящие в потоке, скорость измерения позволяет проводить измерения в режиме реального времени.

Определим функцию распределения частиц для полидисперсной системы от размера частицы:

$$\int_0^\infty f(x)dx = 1 \quad (2)$$

При этом, определим $df(x)=f(x)dx$ как долю частиц, из диапазона размеров $(x, x+dx)$.

Также определим порядки момента через следующую формулу:

$$x_{mn} = \left[\frac{\int_0^\infty x^m f(x) dx}{\int_0^\infty x^n f(x) dx} \right]^{\frac{1}{m-n}}, \quad (3)$$

где n, m - обозначения порядка момента функции распределения.

Основные порядки моментов: x_{10} – среднее счетный, x_{30} – среднееобъемный, x_{43} – среднеемассовый.

Анализ литературных данных показал, что описания различных гранулометрических систем с унимодальным распределением можно применять следующие обобщенные законы распределения: гамма-распределение, логарифмически нормальное распределение, нормальное распределение [4].

Частица, находящаяся в поле электромагнитного излучения, взаимодействует с ним и переизлучает попадающее на неё излучение в иных направлениях, чем первоначальное поле [4-6].

В тоже время первоначальный поток излучения ослабляется за счет поглощения излучения самой частицей, а также за счет рассеяния излучения на частице. Введем количественные параметры оценки влияния частицы на поле излучения:

$$Z_{\text{ослабления}} = Z_{\text{рассеяния}} + Z_{\text{поглощения}}, \quad (4)$$

здесь: $Z_{\text{рассеяния}}$ - доля излучения ушедшего из рассматриваемого пучка; $Z_{\text{поглощения}}$ - доля излучения поглощённого из пучка.

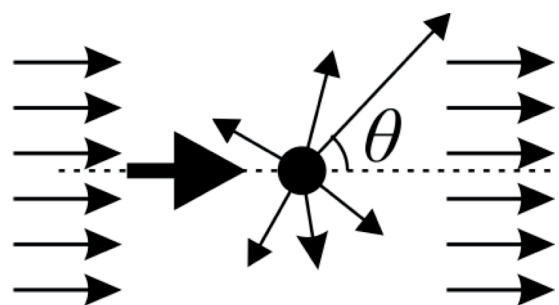


Рисунок 10 - Рассеяние зондирующего пучка частицей
Figure 10 - Scattering of a probing beam by a particle

Перепишем оценку взаимодействия частиц с излучением через коэффициенты, связав площадь поверхности частиц с попадающим, либо рассеиваемым излучением:

$$K_x = \frac{\pi D^2}{4} Z_x, \quad (5)$$

где Z_x – соответствующая оценка излучения из (4).

Определим индикатрису рассеяния как функцию отношения интенсивности светового потока отраженного в каждое значение угла θ к полному потоку излучения, направленного на частицу. Данная функция является безразмерной от угла рассеяния θ , а сумма ее значений (интеграл) по углу рассеяния равен единице. Количественные характеристики для идеальных частиц – однородных и сферической формы, определяются двумя параметрами - показателем преломления материала составляющего частицу и безразмерным параметром дифракции:

$$m = n - in' \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{\pi D}{\lambda} \quad (7)$$

где n – показатель преломления, n' – показатель поглощения, λ – длина волны зондирующего излучения.

В качестве частиц, на которых происходит рассеяние излучения, могут выступать частицы с размерами от молекулы до витающих частиц угля размерами десятки микрометров, а также различные оптические неоднородности. Если размер частицы менее $\lambda/15$, то наблюдается релеевское рассеяние. При значениях более $\lambda/15$ - рассеяние Ми, при размерах частицы, сопоставимых с длиной волны λ - преобладает дифракционное рассеяние. Также теория Релея имеет еще ряд существенных ограничений для применения при измерениях реальных пылевых аэрозолей, так как теория Релея применима лишь при выполнении ряда условий: если среда, в которой распространяется зондирующее излучение, и частицы не содержат свободные заряды; если магнитная проницаемость среды и частицы одинакова; если размер рассеивающей частицы не более 10% длины волны; если интенсивность рассеянного света вычисляется для точек весьма удаленных от возмущающей частицы (в дальней зоне $kr \gg 1$).

Для работы с частицами не подчиняющимися релеевскому закону рассеяния используют теорию рассеяния Ми, которая показывает трансформацию индикатрис рассеяния при возрастании размеров рассеивателей. Теория Ми основана на разложении уравнений переизлучения электромагнитной волны (7). Также в теории

Ми индикатрисы теряют свою симметричность – рассеяние вперед может быть значительно больше чем рассеивание назад, и индикатриса рассеяния становятся многолепестковой. Кроме того, снижается частотная зависимость интенсивности рассеяния по отношению к закону Рэлея.

Аналитическое решение проблем эффективности рассеяния и получения индикатрисы рассеяния было получено в результате решения задачи рассеяния электромагнитной волны с заданным направлением на однородной частице сферической формы. Численные решения аналитической формы из-за больших вычислительных нагрузок возможны только с использованием компьютеров.

Первоначально будем рассматривать монодисперсную среду с равномерным заполнением частичками диаметром D и количеством частиц C_n , в которой распространяется параллельный зондирующий пучок с длиной волны λ , проходящий через слой аэрозоля толщиной l . Для описания ослабления данного пучка обратимся к закону Бугера.

$$I(l) = I_0 e^{-k_\lambda l}, \quad (8)$$

где: $I(l)$ - интенсивность света, прошедшего через слой вещества толщиной l ; k_λ – спектральный показатель ослабления зависящий от длины волны зондирующего пучка, при условии нахождения частиц независимо рассеивающих пучок.

Распишем спектральный показатель преломления и свяжем его с количеством и размером частиц

$$k_\lambda = \frac{\pi D^2}{4} C_n Q(\alpha, m) \quad (9)$$

где: $Q(\alpha, m)$ - фактор эффективности ослабления с параметром дифракции и комплексным показателем преломления (для угля $m = 1,54 - 0,5i$).

Характеристики излучения для монодисперсной среды получаются суммированием результатов одиночных взаимодействий с каждой частицей.

При переходе к работе с полидисперсными средами, мы оставляем предположение, что частицы имеют сферическую форму и рассеяние света на частицах происходит независимо друг от друга. Также мы будем рассматривать слой аэрозоля как достаточно тонкий, чтобы исключить влияние рассеивания второго и более высоких порядков.

Перейдем от счетной концентрации к массовой используя (2):

$$C_m = C_n \frac{\pi \rho_k C_n^2}{6} \int_0^\infty D^3 f(D) dD,$$

и запишем формулу спектрального показателя ослабления полидисперсной системы для мас-

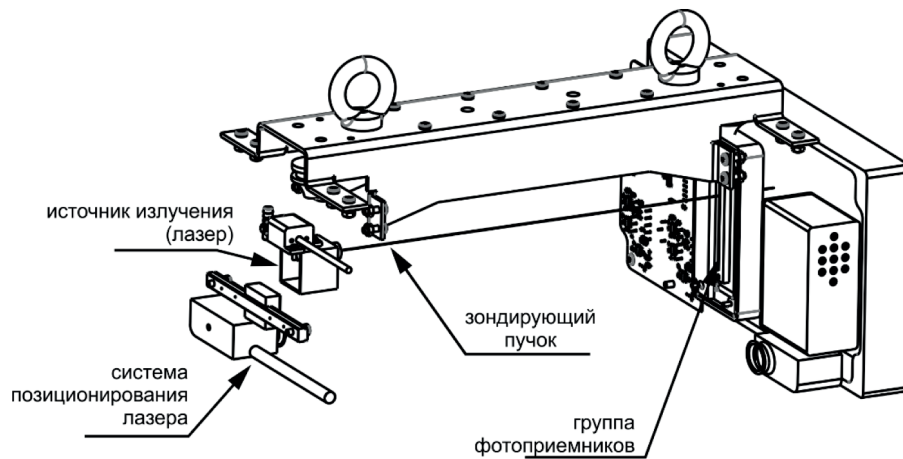


Рисунок 11 – Общий вид прибора СКИП
Figure 11 - General view of the SKIP device

совой концентрации.

$$k_{\lambda} = \frac{\pi c_m \int_0^{\infty} Q(\alpha, m) D^2 f(D) dD}{2 \rho_k \int_0^{\infty} D^3 f(D) dD}, \quad (11)$$

где: ρ_k – плотность частиц.

Получая этот показатель, мы определяем дисперсность пылевых частиц в атмосфере шахты. Показатели дисперсного состава пыли и ее влажность являются существенными, т.к. оказывают влияние на интенсивность пылеотложений.

Принципиальная схема предлагаемого датчика контроля интенсивности пылеотложения представлена на рисунке 4, где показана схема передачи и обработки сигналов.

Оптические датчики реагируют на непрозрачные и полупрозрачные предметы, водяной пар, дым, аэрозоли. Предмет, попавший в активную зону оптического датчика, вносит изменения в прохождение луча. В данном случае, это пылевые частицы разного размера. В основе работы датчика лежит принцип использования оптического метода малых углов рассеяния для определения дисперсности пыли. Изменение фиксируется приёмниками, расположенными под разными углами к лучу. Появившийся сигнал, после обработки, подаётся на модуль расчета дисперсного состава пыли, где происходит обработка, преобразование сигналов из аналогового в цифровой и сравнение сигналов, затем определяется гранулометрический состав пыли. Затем данные поступают на блок обработки и передачи информации, где информация анализируется во взаимосвязи с поступившей информацией с модулей скорости воздушного потока, измерения влажности, температуры и атмосферного давления. В зависимости от гранулометрического состава атмосферы, скорости воздушного потока и влажности воздуха расчетно определяется характер распределения пылеотложения.

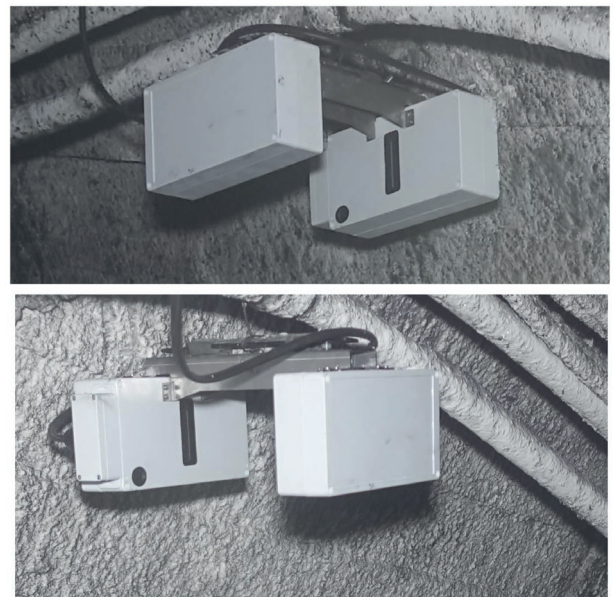


Рисунок 12 - Прибор СКИП в шахте
Figure 12 - SKIP device in the mine

Модуль измерения скорости воздушного потока базируется на принципе действия ультразвукового анемометра

Модули измерения влажности и температуры содержат датчики влажности и температуры соответственно.

Модуль измерения атмосферного давления содержит датчик давления.

Блоком обработки и передачи информации сигналы с датчиков обрабатываются и передаются на дисплей (не показан), где одновременно с информацией о характере пылеотложения показана информация о дисперсности пыли. В блоке обработки и передачи информации производится математическая обработка, а на дисплей информация выводится как в цифровом виде, так и графическом, что усиливает наглядность подаваемой информации. Анализ дисперсного состояния пыли с учетом скоро-

Таблица 2- Метрологические характеристики СИ

Показатель, ед.изм.	Диапазоны измерения
Количество отложившейся пыли, г/м ³ *сут.	До 150
Массовая концентрация витающей пыли, мг/м ³	0-3000
Скорость движения воздушного потока, м/с	От 0,1 до 20
Температура воздушного потока, t0C	От -40 до +40
Относительная влажность воздушного потока, %	От 20 до 90 при +200C
Диапазон диаметров частиц, мкм	0-150

сти движения воздуха и его влажности позволит оперативно и наиболее точно определить показатель интенсивности пылеотложения.

Таким образом, проведенные теоретические исследования позволили установить, что определение концентрации витающей в воздухе пыли и ее дисперсного состава возможно с помощью оптического метода малых углов рассеяния с применением нескольких приемников оптического излучения, расположенных под разными углами. Это дало возможность разработать средство автоматического контроля запыленности шахтной атмосферы и интенсивности пылеотложений на основе данного принципа, которое с минимальной погрешностью измерения не только регистрирует концентрацию витающей пыли, но и увеличивает видимый спектр размеров частиц до диапазона 0-150 мкм для практического осуществления мгновенного анализа дисперсного состава витающей пыли, необходимого для расчета интенсивности пылеотложений до следующего источника интенсивного пылевыделения.

В сентябре-октябре 2017 г. проведены испытания прибора СКИП с целью утверждения типа средства измерения. Измерение интенсивности пылеотложения осуществляется через измерение массовой концентрации пыли и ее дисперсного состава. Основные метрологические характеристики СКИП приведены в таблице 2.

Методика испытаний состояла в следующем. В месте проведения испытаний системы контроля интенсивности пылеотложения устанавливался прибор СКИП и пластмассовые или металлические подложки (далее по тексту подложки) в соответствии с рисунком 1. Прибор СКИП подключался к блоку питания для индикации показаний результатов измерения уровня запыленности воздуха в месте установки и последующей обработки с целью определения интенсивности пылеотложения (количества отложившейся пыли) в горной выработке. Согласно схемы первые 12 подложек (рис. 1) размещались через каждые 10 м, таким образом, чтобы их открытые поверхности не были экранирова-

ны от вентиляционной струи элементами крепи и различными предметами. Далее размещались по две подложки через каждые 50 м на расстоянии 200 м от места установки прибора СКИП. Все подложки размещались на почве в горной выработке на расстоянии от 10 до 50 см от бортов выработки. Отбор проб угольной пыли проводился ежесуточно в течение пяти суток:

- после проведения пылевзрывозащитных мероприятий (осланцовки выработки), пронумерованные подложки без угольной пыли устанавливались на месте отбора.

- через сутки, перед очередным проведением пылевзрывозащитных мероприятий пронумерованные подложки с угольной пылью герметично упаковывались в отдельные соответственно пронумерованные мешки, а затем упаковывались в один мешок с этикеткой, которая содержала информацию о наименовании пробы, номере пробы, месте и дате отбора пробы.

Выполнение измерений количества отложившейся пыли включал в себя следующие процедуры:

- регистрацию параметров, необходимых для расчета интенсивности пылеотложения и расчета количества отложившейся пыли, и внесение в таблицу.

- взвешивание пронумерованных мешков с подложками. Результаты взвешиваний заносились в таблицу;

- расчет интенсивности пылеотложения на подложке в соответствии с формулой (14);

- расчет интенсивности пылеотложения прибором СКИП в соответствии с формулой (13).

Интенсивность пылеотложения по количеству пыли, отложившейся на подложке $P_{ин}$, г/м³ сут, рассчитывают согласно ГОСТ Р 54776 по формуле:

$$P_{тп} = 4,35 \frac{b \cdot M}{S \cdot F \cdot t_{пыл}} \quad (12)$$

где b – ширина выработки по почве, м; M – суммарная масса осевшей на подложке пыли, г; F – суммарная площадь подложек, м²; S – площадь поперечного сечения выработки в свету, м²; $t_{пыл}$ – время пылеотложения, сут.; 4,35 – коэффициент по ГОСТ Р 54776.

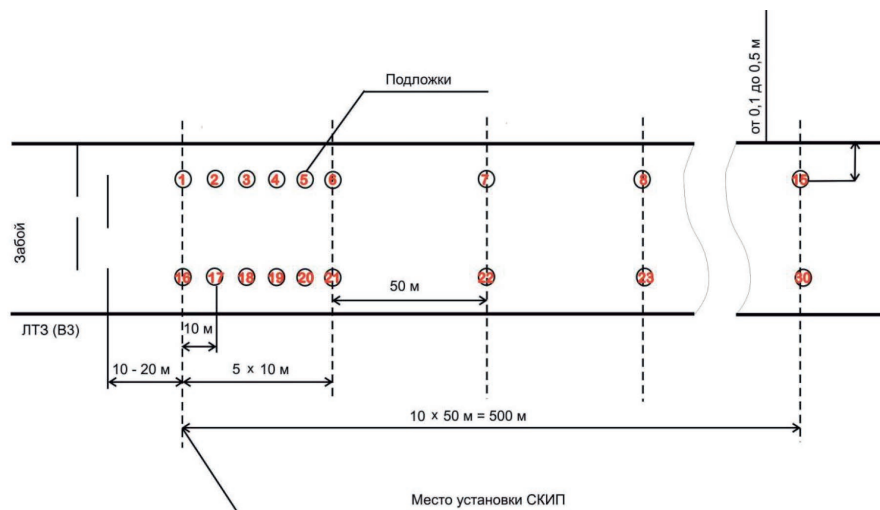


Рисунок 13 – Схема установки прибора СКИП и пластмассовых или металлических подложек в горной выработке
 Figure 13 - Scheme of installation of the SKIP device and plastic or metal substrates in the mine workings

Таблица 3 – Результаты шахтных испытаний прибора СКИП

Номер под-ки	Расстояние от СКИП, м	Начальный вес, г	Конечный вес, г	Привес, г	Интенсивность пылеотложений, г/м ³ *сут.	Показания СКИП, г/м ³ *сут.
1	0	7,1772	7,8753	0,6981	71,3550	67,1760
2	10	7,0750	7,7402	0,6653	67,9950	65,8600
3	20	7,1547	7,7575	0,6028	61,6140	62,0680
4	30	7,2555	7,8196	0,5641	57,6590	56,2320
5	40	7,1095	7,6569	0,5474	55,9500	48,9820
6	50	7,3670	7,8234	0,4564	46,6490	41,0350
7	100	6,9936	7,1072	0,1136	11,6090	9,7311
8	150	7,0949	7,1067	0,0119	1,2143	3,4780
9	200	7,1463	7,2540	0,1077	11,0050	2,7623
10	250	6,9055	6,9534	0,0478	4,8895	2,7403
11	300	7,2079	7,2344	0,0266	2,7136	2,7400
12	350	7,1493	7,1871	0,0377	3,8579	2,7300
13	400	7,1497	7,2417	0,0920	9,4060	2,7100
14	450	7,2354	7,3994	0,1640	16,7630	2,7100
15	500	7,2652	7,2753	0,0100	1,0268	2,7000
16	0	7,0825	7,7705	0,6880	70,3160	67,1760
17	10	6,9705	7,6704	0,6999	71,5330	65,8600
18	20	7,2570	7,8874	0,6304	64,4290	62,0680
19	30	7,1748	7,7376	0,5628	57,5270	56,2320
20	40	7,2798	7,8500	0,5701	58,2710	48,9820
21	50	7,0310	7,5396	0,5087	51,9890	41,0350
22	100	7,1689	7,2593	0,0904	9,2388	9,7311
23	150	7,0615	7,1106	0,0491	5,0136	3,4780
24	200	7,2930	7,3033	0,0103	1,0575	2,7623
25	250	7,0739	7,1665	0,0926	9,4676	2,7403
26	300	7,1295	7,2226	0,0931	9,5165	2,7400
27	350	7,0983	7,1503	0,0520	5,3174	2,7300
28	400	7,2593	7,2680	0,0087	0,8915	2,7100
29	450	7,1914	7,2146	0,0232	2,3686	2,7100
30	500	7,0195	7,0985	0,0790	8,0716	2,7000

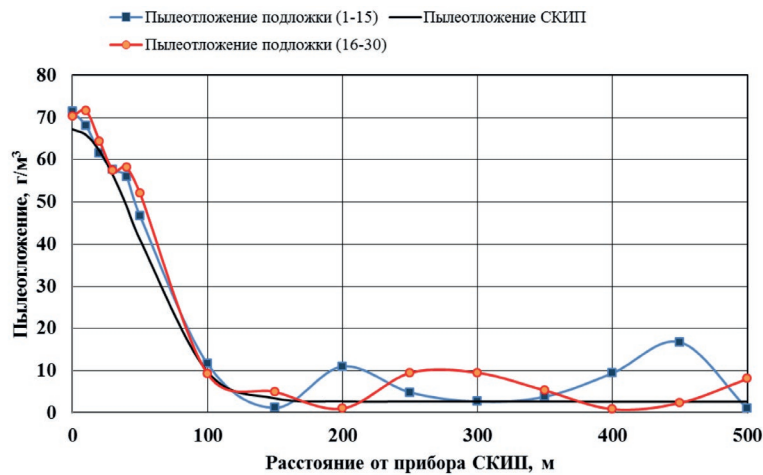


Рисунок 14 – Результаты сравнительного анализа измерения интенсивности пылеотложений с помощью SKIP и расчетным методом с помощью подложек
 Figure 14 - Results of a comparative analysis of measuring the intensity of dust deposition using SKIP and calculation method using substrates

Расчет $P_{ин}$ согласно настоящей методике проводился ежесуточно, полученные данные заносились в таблицу.

Проведенный комплекс лабораторных и шахтных исследований разработанного прибора контроля запыленности и интенсивности пылеотложений SKIP подтвердил правильность разработанной физической модели для оценки

состояния пылевзрывобезопасности горных выработок угольных шахт. Прибор SKIP оснащен метками для систем АГК различной модификации и сертифицирован в составе этих систем как средство измерения заявленных параметров, что позволило выводить показания SKIP на монитор диспетчера угольного предприятия.

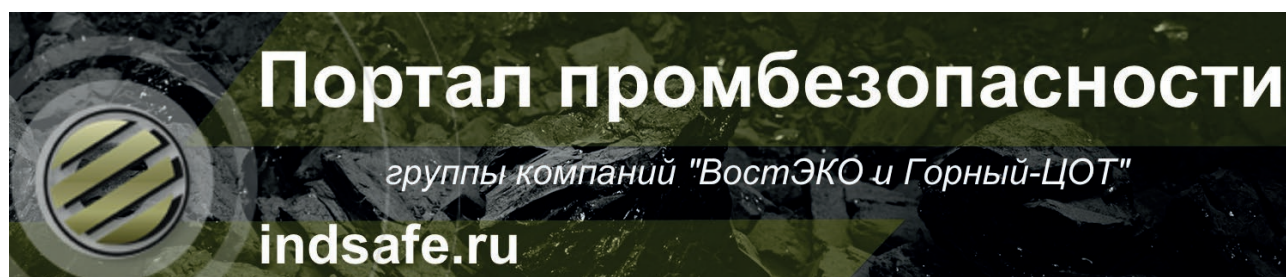
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в угольных шахтах" (с изменениями на 8 августа 2017 года) от 19 ноября 2013 года № N 550
2. Положение об аэрогазовом контроле в угольных шахтах (с изменениями на 8 августа 2017 года) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902321894/>
3. ГОСТ 2093-82 "Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава" от 13.08.1982 № N 3201 // М.: ИПК Издательство Стандратов. 2001 г.
4. Трубицына Д.А., Хлудов Д.С. Исследование дисперсного состава отложившейся пыли углей различной стадии метаморфизма // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2014. №1. С. 13-23.
5. Трубицына Д.А., Анисимов А.А., Хлудов Д.С., Оленников С.В., Трубицына Н.В. Результаты шахтных исследований интенсивности пылеотложений по сети горных выработок// Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2014. № 1. с. 68-74.
6. Трубицына Д.А., Хлудов Д.С., Трубицына Н.В. Исследование интенсивности пылеотложений в угольных шахтах// Безопасность труда в промышленности. 2014. № 9. с. 62-67.
7. Трубицын А.А., Подображин С.Н., Скатов В.В., Ворошилов Я.С., Мусинов С.Н., Трубицына Д.А. Разработка системы мониторинга интенсивности пылеотложений и методики прогноза запыленности воздуха// Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 1. с. 6-13.
8. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. Л.: Химия, 1971. 280 с.
9. Pramod Kulkarni, Paul A. Baron, Klaus Willeke, Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications. John Wiley & Sons, 2011. 900.
10. Ахмадеев И.Р. Метод и быстродействующая лазерная установка для исследования генезиса техногенного аэрозоля по рассеянию луча в контролируемом объеме: дис. канд. техн. наук: 01.04.01. Бийск, 2008. 85 с.
11. Свидетельство об аттестации "Методика (метод) измерения количества отложившейся пыли с использованием измерителей запыленности стационарных ИЗСТ-01" от 12.09.2017 № 28/RA.RU..RU.10473/2017 // Росстандарт. 2017 г.

REFERENCES

1. "Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh". Federalnyye normy i pravila v oblasti promyshlennoi bezopasnosti (s izmeneniyami na 8 avgusta 2017 goda) ot 19 noyabrya 2013 goda № N 550. ["Safety Rules in Coal Mines". Federal rules and regulations in the field of industrial safety (as amended on August 8, 2017) of November 19, 2013 No. 550 [in Russian].

2. Polozhenie ob aerogazovom kontrole v ugolnykh shakhtakh (s izmeneniyami na 8 avgusta 2017 goda) [Regulation on air-gas control in coal mines (as amended on August 8, 2017)]. docs.cntd.ru Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/902321894/> [in Russian].
3. "Toplivo tverdoe. Sitovyi metod opredeleniia granulometricheskogo sostava" GOST 2093-82 ot 13.08.1982 № N 3201. ["Solid Fuel: A Sieve Method for Determining the Granulometric Composition" GOST 2093-82 of 13.08.1982 No. N 3201]. Moscow: IPK Izdatelstvo Standartov [in Russian].
4. Trubitsyna, D.A., & Khludov, D.S. (2014). Issledovanie dispersnogo sostava otlozhivsheisia pyli uglei razlichnoi stadii metamorfizma [Research of various stages metamorphism coals deposited dust dispersed composition]. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti robot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center*, 1, 13-23 [in Russian].
5. Trubitsyna, D.A., Anisimov, A.A., Khludov, D.S., Olennikov, S.V., & Trubitsyna, N.V. (2014). Rezultaty shakhtnykh issledovaniy intensivnosti pyleotlozhenii po seti gornyykh vyrabotok [Mine research results of dust deposition intensity along the net of mine openings]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti robot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center*, 1, 67-74 [in Russian].
6. Trubitsyna, D.A., Khludov, D.S., & Trubitsyna, N.V. (2014). Issledovaniie intensivnosti pyleotlozhenii v ugolnykh shakhtakh [Research of dust deposition intensity in coal mines]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety*, 9, 62-67 [in Russian].
7. Trubitsyn, A.A., Podobrazhin, S.N., Skatov, V.V., Voroshilov, Ya.S., Musinov, S.N., & Trubitsyna, D.A. (2016). Razrabotka sistemy monitoringa intensivnosti pyleotlozhenii i metodiki prognoza zapylennosti vozdukha [Dust deposition intensity monitoring system and the air dust content forecasting methods development]. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti robot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center*, 1, 6-13 [in Russian].
8. Kouzov, P.A. (1971). *Osnovy analiza dispersnogo sostava promyshlennykh pylei i izmelchennykh materialov [Analysis fundamentals of industrial dusts and crushed materials disperse composition]*. Leningrad: Khimia [in Russian].
9. Pramod Kulkarni, Paul A. Baron, Klaus Willeke (2011) *Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications*. John Wiley & Sons [in English]
10. Akhmadeev, I.R. (2008). Metod i bystrodejstvushchaya lazernaya ustanovka dlya isseledovaniya genezisa tekhnogennogo aerolya po rasseyaniyu lucha v kontroliruemom objeme [Method and high-speed laser installation for the investigation of the anthropogenic aerosol genesis by beam scattering in a controlled volume]. *Candidate's thesis*, Biisk [in Russian].
11. "Metodika (metod) izmereniya kolichestva otlozhivshejsya pyli s ispolzovaniem izmeritelei zapylennosti statsionarnykh IZST-01". ["Technique (method) for measuring the amount of deposited dust using stationary dust metering instruments IZST-01"] Svidetelstvo ob attestatsii ot 12.09.2017 No. 28/RA.RU.RU.10473/2017 Rosstandart - Attestation Certificate dated by 12.09.2017 No. 28/RA.RU..RU.10473/2017. Rosstandart [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 VostNIИ», Russia, 650002, Kemerovo, Institutskaya St., 3



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

аспирант ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», 650056, г. Кемерово, ул. Институтская, 7
chair post graduate of Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Russia, 650056, Kemerovo, Institutskaya St., 7

УДК 614.849

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ С ВЫСОТЫ ПРИ ПОЖАРАХ PEOPLE FROM HEIGHT SAVING MEANS USE METHODS IN CASE OF FIRE

Высокие показатели гибели и травмирования людей при пожарах обуславливают необходимость внедрения новых средств обеспечения пожарной безопасности, направленных на сохранение жизни и здоровья людей при возможных пожарах в жилых, производственных и общественных зданиях.

В статье изложена методика использования средств спасения людей при пожарах в зданиях и их влияние на величину индивидуального пожарного риска. Согласно представленной методике возможно определение необходимого количества средств спасения людей, исходя из технических характеристик данных устройств и времени наступления опасных факторов пожара.

Представлен порядок расчета вероятности наступления события по недопущению гибели людей при использовании средств спасения и влияние данной вероятности на расчетную величину индивидуального пожарного риска. Методика позволила обосновать повышение уровня вероятности эвакуации (самоспасения) людей, не имеющих возможность покинуть здание в штатном режиме.

Представлена возможность влияния технических характеристик спасательных устройств на расчетную величину индивидуального пожарного риска, используемого при оценке обеспечения пожарной безопасности на объектах защиты.

People death and injury in fires high rates cause the need to introduce new means of ensuring fire safety aimed at preserving life and health of people in possible fires in residential, industrial and public buildings.

The article describes the people fire rescue equipment using methods in buildings and their impact on the individual fire risk value. According to the presented method it is possible to determine the necessary number of people saving means, judging by technical characteristics of these devices and the dangerous fire factors coming time.

The probability calculating procedure of an event occurrence to prevent the death of people when using rescue equipment and the effect of this probability on the individual fire risk calculated value are presented. The method allowed to substantiate the evacuation (self-rescue) probability level increase of people who do not have the opportunity to leave the building in normal mode.

The rescue devices technical characteristics impact possibility on the calculated value of the individual fire risk used in assessing the fire safety provision at the protected facilities is presented.

Ключевые слова: ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ, РИСК ГИБЕЛИ ЛЮДЕЙ, ВЕРОЯТНОСТЬ НЕГАТИВНЫХ СОБЫТИЙ, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, СРЕДСТВА СПАСЕНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ, ОПАСНЫЕ ФАКТОРЫ ПОЖАРА, ВЕРОЯТНОСТЬ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ СПАСЕНИЯ

Key words: FIRE DANGER, PEOPLE DEATH RISK, NEGATIVE EVENTS POSSIBILITY, FIRE SAFETY, FIRE RESQUE MEASURES, FIRE HAZARDOUS FACTORS, PEOPLE EVACUATION PROBABILITY, RESCUE EQUIPMENT EFFICIENCY

Актуальность
Несмотря на ежегодное снижение количества пожаров и погибших от них, обеспечение пожарной безопасности объекта защиты и людей остается актуальным по причине значительного материального ущер-

ба и высокого уровня гибели людей. Так, по статистическим данным МЧС России за 2016 год, в Российской Федерации произошло 139703 пожара, на которых погибло 8760 человек, травмировано 9909 человек. Прямой, безвозвратный материальный ущерб от пожаров составил более

14 млрд. рублей [1].

Ряд возникших пожаров показал, что пожарными подразделениями не всегда удается своевременно спасти людей с высоты. Имеет место гибель и травмирование людей не только от непосредственного воздействия опасных факторов пожара, но и в результате их падения со значительной высоты.

Зачастую при пожарах люди сталкиваются с тем, что нет возможности безопасно эвакуироваться. В результате стремительного роста опасных факторов пожара люди становятся «отрезанными» от путей эвакуации. Особенно данная ситуация наиболее актуальна для многоэтажных зданий и сооружений, где при возникновении пожара на первых этажах люди не могут эвакуироваться из вышележащих. В подобных случаях средства спасения с высоты являются чуть ли не единственным способом для обеспечения безопасности людей при возникновении пожара.

С учетом вышеизложенного при обеспечении людей средствами спасения необходимо учитывать время наступления опасных факторов пожара, а также технические характеристики устройств самоспасения.

Вместе с этим в настоящее время недостаточно изучено влияние средств спасения с высоты на расчетную величину индивидуального пожарного риска, которая учитывается при оценке обеспечения пожарной безопасности объекта защиты [2].

Обеспечение и оценка пожарной безопасности людей

Обеспечение пожарной безопасности людей и имущества на объекте защиты достигается посредством разработки комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на развитие подсистем предотвращения пожара, противопожарной защиты и профилактической работы. В каждую подсистему входит разработка соответствующих ей мероприятий [2].

В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации система пожарной безопасности должна обеспечить допустимый уровень пожарной опасности для людей не более 10⁻⁶, превышение которого недопустимо [2].

Вместе с этим стоимость мероприятий, входящих в систему обеспечения пожарной безопасности, направленных на достижение допустимого уровня пожарной опасности, должны отвечать требованиям целесообразности и экономической эффективности. Не требуется выполнение всех имеющихся требований, изложенных в нормативно – правовой документации,

которые не всегда являются эффективными и соответствующими требованиям Федерального закона Российской Федерации «О техническом регулировании» [3], а также Федерального закона Российской Федерации «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2], являющихся основополагающими законодательными актами при квалификации нарушений обязательных и рекомендательных требований пожарной безопасности. Фактически всегда на практике существует возможность снижения затрат на противопожарные мероприятия для достижения минимально необходимого уровня риска.

Система обеспечения пожарной безопасности представлена в виде блок-схемы (рис. 1).

Вышеизложенное учитывается и при проведении оценок соответствия объектов защиты установленным требованиям в области пожарной безопасности, т.е. оценок обеспечения безопасности людей и имущества при возникновении пожаров. Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности установлено, что на объекте защиты обеспечивается безопасность людей и имущества при выполнении одного из следующих условий:

1) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности;

2) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и нормативными документами по пожарной безопасности [2].

С учетом данных условий обеспечения пожарной безопасности на объекте, при невозможности выполнения всех требований в области пожарной безопасности или экономической целесообразности их реализации расчет пожарных рисков является единственным решением по оценке пожаробезопасности объекта.

Перед тем как определить влияние средств спасения на расчетную величину индивидуального пожарного риска, необходимо рассмотреть возможность применения средств защиты и (или) средств спасения, обосновать необходимое их количество, определить их воздействие на вероятность эвакуации (самоспасения) людей при возникновении пожара.

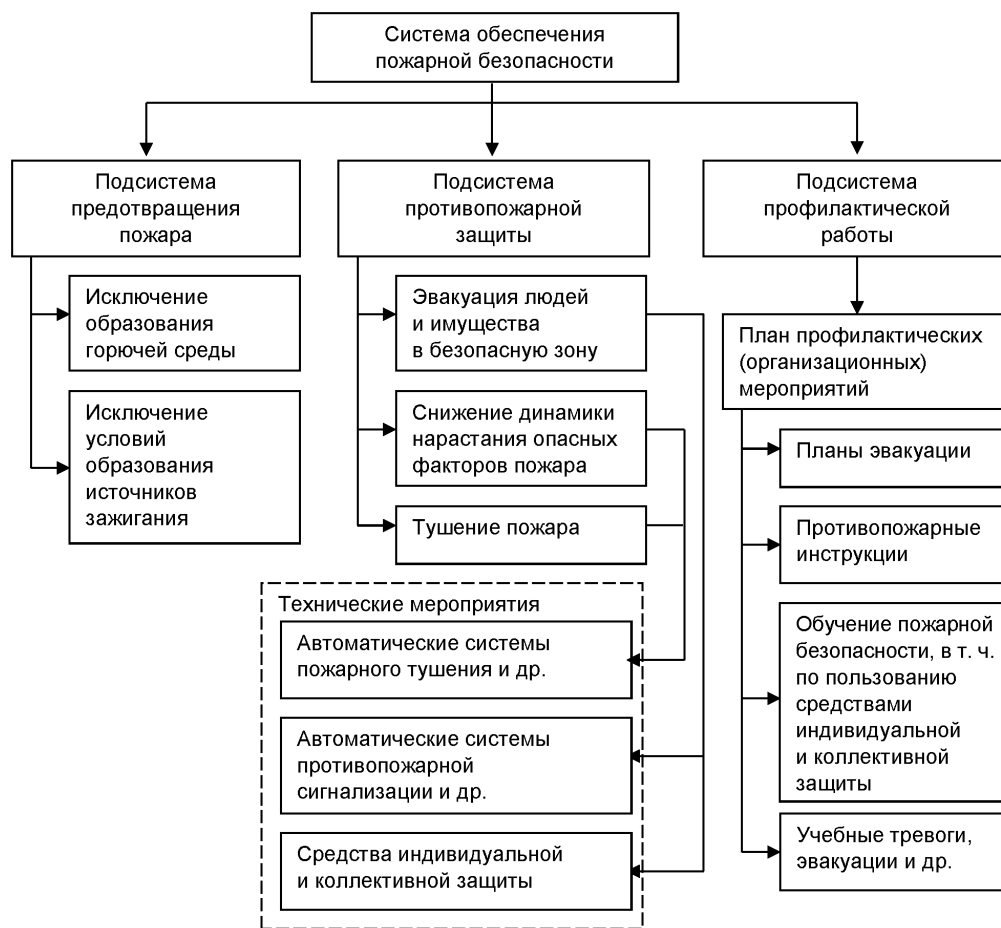


Рисунок 1 – Блок-схема системы обеспечения пожарной безопасности
 Figure 1 – Block diagram of the fire safety provision system

Средства защиты и спасения людей с высоты, обоснование их выбора

Для определения области эффективности использования средств защиты и спасения людей при пожаре необходимо проанализировать данные средства.

В настоящее время средства защиты в зависимости от характера их применения подразделяют на две категории:

- средства коллективной защиты;
- средства индивидуальной защиты.

Средства индивидуальной и коллективной защиты - технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения [4].

Средства защиты должны способствовать полной или минимально необходимой безопасной эвакуации людей. Они должны обеспечивать их пожарную безопасность при невозможности применения других систем противопожарной защиты.

Средства спасения – средства индивиду-

альной защиты органов дыхания и зрения человека от опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для выхода из горящих зданий, сооружений, помещений, производственных объектов [5].

Как видно из определений, для средств защиты и спасения ставятся практически одинаковые задачи – достижение пожарной безопасности людей.

Количество средств защиты и спасения, их размещение в зданиях и сооружениях должны обеспечивать безопасность людей в течение времени, необходимого для эвакуации в безопасную зону, или в течение времени, необходимого для проведения специальных работ по тушению пожара. При этом возникает ряд вопросов: как исполнить данные требования? Как подобрать, а главное, как выбрать наиболее эффективные средства защиты и спасения людей?

Вместе с этим для людей, находящихся в зданиях и сооружениях, имеющих высокую пожарную опасность (производственные объекты, объекты с деревянными и пустотными стенами и перекрытиями), средства защиты, а также

средства спасения являются подчас единственным путем для достижения их безопасности при пожаре. Это обусловлено тем, что наступление опасных факторов пожара в зданиях и сооружениях данной категории происходит значительно быстрее беспрепятственной эвакуации людей, а внедрение дорогостоящих систем обеспечения пожарной безопасности людей экономически малоэффективно и социально нецелесообразно.

Средства защиты и спасения людей предназначены для обеспечения их безопасности при эвакуации или самоспасании.

Технический регламент о безопасности средств индивидуальной защиты регламентирует общие требования к средствам защиты, из которых следует, что данные средства должны соответствовать минимально необходимым требованиям по обеспечению механической, термической, электрической и радиационной безопасности [6].

Средства индивидуальной защиты для предприятий малоэффективны, несмотря на то, что они по своему предназначению должны обеспечивать снижение недопустимого пожарного риска до допустимого. Во-первых, в зданиях опасные факторы пожара в большинстве случаев наступают при потере видимости. Данные средства основаны на защите органов дыхания от сильнодействующих отравляющих веществ, выделяемых в результате пожара. Как правило, это противогазы, маски, костюмы малоэффективные при задымлении помещений и путей эвакуации. Учреждения отличаются массовым пребыванием людей, особенно в дневное и рабочее время суток. Хотелось бы отметить, что проблема еще кроется в сохранности данных средств. Если за каждым работником предприятия закрепить средства спасения не представляет трудности, то как решить вопрос с посетителями??? Если организовать выдачу их в определенных местах зданиях, из складского помещения, то существует риск возникновения пожара вблизи места выдачи средств. Скопление людей у склада также отрицательно повлияет на общее время эвакуации, так как потребуются дополнительное время на прохождение пути до средств, а затем еще и на его получение.

На основании вышеизложенного средства индивидуальной защиты малоэффективны для людей, находящихся в зданиях и (или) сооружениях при возникновении пожара. В данном случае проблемы могут решиться при применении средств спасения с высоты, так как для большинства предприятий характерны многоэтаж-

ные здания от 2-х и более этажей.

Обоснование необходимого количества средств спасения

В общем случае тип и количество спасательных устройств, необходимых для спасения людей из здания при пожаре, определяются следующими факторами:

- контингентом людей, находящихся в здании и (или) сооружении (объектовом пункте пожаротушения или посту безопасности), с учетом их возраста и физического состояния;
- количеством людей, по тем или иным причинам не имеющих возможности покинуть здание и (или) сооружение за расчетное время эвакуации, пользуясь основными путями эвакуации;
- временем движения человека от наиболее удаленного помещения до спасательного устройства, мин;
- временем подготовки спасательного устройства к работе, мин;
- временем спуска первого человека на (в) спасательном устройстве, мин;
- пропускной способностью спасательного устройства, чел./мин;
- предельно допустимым временем проведения спасания, мин.

Необходимое количество однотипных спасательных устройств, установленных в одном месте, рассчитывается по формуле 1:

$$n = \frac{N}{Q \cdot t_{\text{спас}}} \quad (1)$$

где n – количество спасательных устройств одного типа;

N – расчетное количество людей, не имеющих возможности покинуть здание и (или) сооружение в штатном режиме;

Q – пропускная способность (производительность) спасательного устройства, чел./мин;

$t_{\text{спас}}$ – время спасения, при котором опасные факторы пожара не успеют достичь критических значений в зоне нахождения спасаемых.

Производительность канатно-спускных устройств Q , чел./мин. является переменной величиной в зависимости от высоты и может быть определена по формуле 2:

$$Q = \frac{1}{t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}}} \quad (2)$$

где $t_{\text{подг}}$ – время подготовки человека к спуску (прыжку) на спасательном устройстве после спуска (прыжка) предыдущего человека, мин;

$t_{\text{спуск}}$ – время спуска человека на спасательном устройстве до безопасного уровня, мин.,

где, в свою очередь, $t_{\text{спуск}} = H_{\text{спуск}} / V_{\text{спуск}}$;
 $H_{\text{спуск}}$ - высота спуска в метрах; $V_{\text{спуск}}$ - скорость спуска, м/мин.

Время спасения людей, при котором на них перестанут действовать опасные факторы пожара, определяется по формуле 3:

$$t_{\text{спас}} = t_{\text{г}} + t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{актив}} \quad (3)$$

где $t_{\text{г}}$ - время от начала движения людей до места применения средства спасения, мин;

$t_{\text{подг}}$ - время подготовки человека к спуску (прыжку) на спасательном устройстве после спуска (прыжка) предыдущего человека, мин;

$t_{\text{спуск}}$ - время спуска человека на спасательном устройстве до безопасного уровня, мин [4].

ГОСТом Р 12.3.047-12 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» установлено расчетное время эвакуации людей в случае пожара (t_p) – это время от начала движения людей до выхода в безопасную зону (далее $t_{\text{г}}$) – время выхода. Безопасная зона – зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара или в которой опасные факторы пожара отсутствуют. Также данным ГОСТом установлено необходимое время эвакуации людей в случае пожара (t_n) – это время, которое возможно предварительно рассчитать для типичных объектов от начала пожара до наступления опасных факторов пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения (далее $t_{\text{р.офп}}$). Эвакуация – процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара [7].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что эвакуация людей должна завершиться до наступления опасных факторов пожара, т.е. расчетное время эвакуации должно быть меньше необходимого.

Условия эвакуации людей выполняются при реализации следующего неравенства: $t_{\text{г}} < t_{\text{р.офп}} \Rightarrow t_{\text{г}}/t_{\text{р.офп}} < 1$. Из данного неравенства следует, что $1 - t_{\text{г}}/t_{\text{р.офп}} > 0$. В данном случае эвакуация выполняется до наступления опасных факторов пожара при значении $1 - t_{\text{г}}/t_{\text{р.офп}}$ выше нуля.

Условия эвакуации людей не выполняются при реализации следующего неравенства: $t_{\text{г}} \geq t_{\text{р.офп}} \Rightarrow t_{\text{г}}/t_{\text{р.офп}} \geq 1$. Из данного неравенства следует, что $1 - t_{\text{г}}/t_{\text{р.офп}} \leq 0$. В данном случае эвакуация не выполняется до наступления опасных факторов пожара при значении $1 - t_{\text{г}}/t_{\text{р.офп}}$ ниже (равно) нуля.

С учетом вышеизложенных условий эвакуации введем коэффициент пожаробезопасности

K равный $1 - t_{\text{г}}/t_{\text{р.офп}}$, т.е. равенство примет следующий вид:

$$K = 1 - \frac{t_{\text{г}}}{t_{\text{р.офп}}} \quad (4)$$

Из условия (4) следует:

$$t_{\text{г}} = t_{\text{р.офп}} \cdot (1 - K) \quad (5)$$

Преобразовав формулы (1, 2, 3 и 5), необходимое количество однотипных спасательных устройств (n) определяется по следующему выражению:

$$n = \frac{N \cdot (t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}})}{t_{\text{р.офп}} \cdot (1 - K) + t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{актив}}} \quad (6)$$

При условии минимально необходимого количества средств спасения для обеспечения безопасности людей, при $K=0$, формула (6) примет вид:

$$n = \frac{N \cdot (t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}})}{t_{\text{р.офп}} + t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{актив}}} \quad (7)$$

Как мы видим, выражение (7) позволило обосновать необходимое количество средств спасения исходя из расчетных значений опасных факторов пожара и технических характеристик спасательных устройств.

Влияние средств спасения с высоты на вероятность эвакуации (самоспасения) людей при возникновении пожара

Риск – сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий. Знание вероятности неблагоприятного события позволяет определить вероятность благоприятных событий по формуле $P+ = 1 - P-$. В свою очередь, вероятность — степень (относительная мера, количественная оценка) возможности наступления некоторого события.

В теории вероятностей и математической статистике понятие вероятности формализуется как числовая характеристика события — вероятностная мера (или её значение) — мера на множестве событий (подмножеств множества элементарных событий), принимающая значения от 0 до 1. Значение 1 соответствует достоверному событию. Невозможное событие имеет вероятность 0. Если вероятность наступления события равна p , то вероятность его не наступления равна $1 - p$ [8].

С учетом вышеизложенного безопасность людей обеспечивается при значении вероятности события по недопущению их гибели от 0,999999 до 0, где при 0,999999 или 10^{-6} – уровень пожарной безопасности людей обеспечивается безусловно (максимально).

Как мы видим, формулировка вероятности

наступления события по недопущению гибели людей идентична определению коэффициента пожаро-безопасности K , рассчитываемый по формуле (4).

Преобразовав формулу (6), вероятность наступления события по недопущению гибели людей с использованием средств спасения с высоты K' определяется по формуле:

$$K' = \frac{N \cdot (t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}})}{n \cdot t_{\text{р офп}}} - \frac{t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{актив}}}{t_{\text{р офп}}} \quad (8)$$

В соответствии с существующими методиками вероятность эвакуации $P_э$ из зданий (за исключением зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4) рассчитывают по формуле [9]:

$$P_э = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин} \end{cases} \quad (9)$$

где t_p - расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{\text{нэ}}$ - время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{\text{бл}}$ - время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

$t_{\text{ск}}$ - время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

Расчетное время эвакуации людей t_p из помещений и зданий определяется на основе моделирования движения людей до выхода наружу.

Как мы видим из формулы (9), вероятность эвакуации людей, не имеющих возможность покинуть сооружение в штатном режиме, равна нулю. Вместе с этим специальные средства позволят спастись данным людям при условии отсутствия воздействия на них опасных факторов пожара, исходя из технических характеристик используемых устройств самоспасения.

С учетом применения средств спасения вероятность эвакуации $P_э$ из зданий (за исключением зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4), определяемой по формуле (9), с учетом выражения (8), примет вид:

$$P_э = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ \frac{N \cdot (t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}})}{n \cdot t_{\text{бл}}} - \frac{t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{актив}}}{t_{\text{бл}}}, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин, но } t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{актив}} \leq t_{\text{бл}} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин и } t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{актив}} > t_{\text{бл}} \end{cases} \quad (10)$$

По существующим методикам вероятность эвакуации $P_э$ из зданий класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4 рассчитывают по формуле:

$$P_э = \frac{N_{\Sigma} - N_{\text{неэв}}}{N_{\Sigma}} \cdot 0,999 \quad (11)$$

где N_{Σ} - общее количество людей, эвакуирующихся в рассматриваемом сценарии;

$N_{\text{неэв}}$ - количество неэвакуировавшихся людей определяется путем суммирования по всем участкам путей эвакуации людей, не успевших покинуть указанный участок до его блокирования опасными факторами пожара (для которых $t_p + t_{\text{нэ}} > 0,8 \cdot t_{\text{бл}}$), и людей, попавших в скопление продолжительностью более 6 мин ($t_p > 6 \text{ мин}$);

t_p - расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{\text{нэ}}$ - время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{\text{бл}}$ - время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на

них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), *мин*;

$t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

В данном случае вероятность наступления благоприятного события для неэвакуировавшихся людей, применяющих средства спасения, также не учитывается.

Вероятность эвакуации $P_э$ из зданий класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4, определяемой по формуле (11), с учетом вероятности самоспасения людей K' , определяемой по формуле (8), примет вид:

$$P_э = \frac{N_{\Sigma} - N_{неэв} \cdot (1 - K')}{N_{\Sigma}} \cdot 0,999 \quad (12)$$

Расчетная величина индивидуального пожарного риска с учетом вероятности самоспасения людей

Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_э$, согласно нормативно-правовых актов [9], рассчитывается по формуле:

$$Q_э = Q_n (1 - K_{ан}) P_{пр} (1 - P_э) (1 - K_{н.э}) \quad (13)$$

где Q_n – частота возникновения пожара в здании в течение года определяется на основании статистических данных, приведенных в справочнике. При отсутствии статистической информации допускается принимать $Q_n = 410^{-2}$ для каждого здания;

$K_{ан}$ – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (далее – АУП) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра $K_{ап}$ принимается равным $0,9$, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой АУП, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;
- оборудование здания системой АУП не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{ан}$ принимается равной нулю.

$P_{пр}$ – вероятность присутствия людей в объекте защиты, определяемая из соотношения $P_{пр} = t_{функц}/24$, где $t_{функц}$ – время нахождения людей в здании, в часах, $t_{функц} \leq 24$ ч. Для многофункциональных зданий, в которых находится более 50 человек, можно предположить, что $P_{пр} = 1$;

$P_э$ – вероятность эвакуации людей, определяемая по формуле (10);

$K_{н.э}$ – коэффициент, учитывающий соответствие

системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, $K_{н.э}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{н.э} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{соуэ}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{ндз}) \quad (14)$$

где $K_{обн}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{соуэ}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{ндз}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Порядок оценки параметров $K_{обн}$, $K_{соуэ}$ и $K_{ндз}$.

Значение параметра $K_{обн}$ принимается равным $0,8$, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой пожарной сигнализации, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудования здания системой пожарной сигнализации не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{обн}$ принимается равным нулю.

Значение параметра $K_{соуэ}$ принимается равным $0,8$, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудование здания системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{соуэ}$ принимается равной нулю.

Значение параметра $K_{ндз}$ принимается равным $0,8$, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой противодымной защиты, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудования здания системой противодымной защиты не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{пдз}$ принимается равным нулю [9].

Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_г$, в зданиях класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4, для людей, использующих средства спасения, будет рассчитываться по формуле:

$$Q_г = Q_n \cdot [1 - (P_э + (1 - P_э) \cdot P_{сн})] \quad (15)$$

где Q_n - частота возникновения пожара в здании в течение года определяется на основании статистических данных, приведенных в справочных данных;

$P_э$ - вероятность эвакуации людей определяемая по формуле (12);

$P_{сн}$ - вероятность спасения людей.

Вероятность спасения $P_{сн}$ определяется по формуле:

$$P_{сн} = 1 - (1 - K_{н.з}) \cdot (1 - K_{ФЛС}) \cdot (1 - K_{ф}) \cdot (1 - K_{э}) \quad (16)$$

где $K_{н.з}$ - коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{ФЛС}$ - коэффициент, учитывающий дислокацию подразделений пожарной охраны на территории поселений и городских округов, принимается равным 0,95 в случае соответствия ее требованиям Технического регламента и нормативных документов по пожарной безопасности. В остальных случаях $K_{ФЛС}$ принимается равной нулю.

$K_{ф}$ - коэффициент, учитывающий класс функциональной пожарной опасности здания. Значение параметра $K_{ф}$ принимается равным 0,75 в следующих случаях:

для зданий класса Ф1.1 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к оснащению первичными средствами пожаротушения;

для зданий класса Ф1.3 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к устройству аварийных выходов;

для зданий класса Ф1.4 - во всех случаях;

В остальных случаях для зданий классов Ф1.1, Ф1.3 $K_{ф}$ принимается равной нулю;

$K_{э}$ - коэффициент, учитывающий соответствие путей эвакуации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Значение параметра $K_{э}$ принимается равным 0,8 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к путям эвакуации.

В остальных случаях $K_{э}$ принимается равной нулю [9].

Значение времени начала эвакуации $t_{нэ}$ (с) для помещения очага пожара следует определять по формуле:

$$t_{нэ} = 5 + 0,01 \cdot F \quad (17)$$

где F - площадь помещения, m^2 .

В случае если время начала эвакуации, рассчитанное по указанной формуле, превышает время начала эвакуации, определенное в справочных данных, время начала эвакуации из помещения очага пожара следует принимать по справочным данным.

Для остальных помещений значение времени начала эвакуации $t_{нэ}$ следует определять по справочным данным [9].

В свою очередь на величину расчетного времени эвакуации (t_p) людей влияют следующие параметры:

l - длина путей эвакуации, m ;

b - ширина путей эвакуации, m ;

N - количество людей на первоначальных участках, $чел.$;

f - площадь горизонтальной проекции человека, $m^2/чел.$

На величину скопления людей на участках пути ($t_{ск}$) влияет следующее:

N - количество людей, попавших в скопление, $чел.$;

f - площадь горизонтальной проекции людей, попавших в скопление, $m^2/чел.$

b_{i+1} - ширина путей эвакуации на последующем участке, m ;

$q_{при D=0,9}$ - интенсивность движения людей при максимальной их плотности m^2/m^2 .

На значение наступления опасных факторов пожара на путях эвакуации ($t_{ав}$) влияет:

t_0 - начальная температура воздуха в помещении, $^{\circ}C$;

h - высота рабочей зоны, m ;

Q_n - низшая теплота сгорания материала, $MДж/кг$;

C_p - удельная изобарная теплоемкость газа, $MДж/кг$;

φ - коэффициент теплопотерь (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,3);

η - коэффициент полноты горения;

$V_{св}$ – свободный объем помещения, m^3 . Допускается принимать 80 % от геометрического объема; α – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E – начальная освещенность, лк;

l_{np} – предельная дальность видимости в дыму, м;

D_m – дымообразующая способность горящего материала, $Hm_m / кг$;

L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, $кг/кг$;

X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, $кг м^{-3}$ ($X_{CO_2} = 0,11 кг/м^3$; $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3} кг/м^3$; $X_{HCL} = 2310^{-6} кг/м^3$);

L_{O_2} – удельный расход кислорода, $кг/кг$ и т.д. [9].

Из формул (13) и (15) видно, что расчеты пожарных рисков проводятся для объектов защиты, за исключением зданий с детьми и маломобильных групп населения, а также жилых домов согласно стандартной методике определения расчетных величин индивидуального пожарного риска (Q_o), основанной на статистических данных возникновения пожара в здании в течение года (Q_n), соответствии систем противопожарной защиты ($K_{ан}$, $K_{н.з}$), присутствии людей в здании (P_{np}) и вероятности эвакуации людей в безопасную зону до наступления опасных факторов пожара (P_s). В свою очередь вероятность эвакуации людей зависит от расчетного времени их эвакуации (t_p), времени начала эвакуации ($t_{нэ}$), времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара ($t_{ан}$), а также времени существования скопления людей на участках пути ($t_{ск}$).

Для зданий с детьми и маломобильных групп населения, а также многоквартирных и многоквартирных жилых домов вместе с вышеприведенными параметрами учитывается дислокация подразделений пожарной охраны на

территории поселений и городских округов ($K_{ФПС}$), соблюдение требований нормативных документов по пожарной безопасности к оснащению здания первичными средствами пожаротушения и аварийным выходам ($K_{ф}$), а также соответствие требований к путям эвакуации ($K_{эв}$).

Как мы видим, стандартной методикой расчета величины индивидуального пожарного риска не предусмотрено влияние на него средств спасения.

В связи с тем, что средства спасения с высоты используются людьми, не имеющими возможность покинуть здание и (или) сооружение в штатном режиме, и их применение влияет на параметр эвакуации (самоспасения) людей, то для расчета величины индивидуального пожарного риска по формулам (13), (15), при определении вероятности эвакуации людей необходимо применять формулы (10), (12).

Выводы и предложения

Предлагаемая методика позволила раскрыть потенциал применения средств спасения с высоты. Связать их характеристики с расчетной величиной индивидуального пожарного риска, используемого при оценке обеспечения пожарной безопасности на объекте защиты.

В связи с тем, что технические характеристики средств спасения, такие как время подготовки человека к спуску (прыжку) на спасательном устройстве ($t_{подз}$), время спуска человека на спасательном устройстве до безопасного уровня ($t_{спуск}$) и время активации спасательного устройства ($t_{актив}$), напрямую влияют на необходимое количество средств спасения и вероятность самоспасения людей, то для производителей данных устройств появилось дополнительное основание для их модернизации и повышения технических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

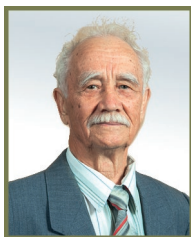
1. Официальный сайт МЧС России [Сайт]. URL: <http://www.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 19.09.2017).
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон РФ от 22.07.2008 № 123 (ред. от 29.07.2017). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 20.09.2017)
3. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: Федеральный закон РФ от 27.12.2002 № 184 (ред. от 29.07.2017). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (дата обращения: 20.09.2017).
4. Методические рекомендации по применению средств индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, утвержденные главным государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору генерал-полковником Кирилловым Г.Н. от 11.10.2011 г. №2-4-60-12-19. М.: МЧС России, 2011. 20 с.
5. Техника пожарная. Самоспасатели изолирующие для защиты органов дыхания и зрения людей при эвакуации из помещений во время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]: НПБ 169-2001 (утв. Приказом ГУГПС МВД РФ от 07.09.2001 № 65). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=584#0> (дата обращения: 20.09.2017).
6. О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» [Электронный ресурс]: Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 878 (ред. от 13.11.2012). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». URL: [http://www.consultant.ru/document/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_)

LAW_124953/ (дата обращения: 20.09.2017).

7. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 12.3.047-2012 (утв. и введены в действие Приказом Росстандарта от 27.12.2012 № 1971-ст). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=17479#0> (дата обращения: 20.09.2017).
8. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятности. М., 2007. 42 с.
9. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 (ред. от 02.12.2015). [garant.ru](http://base.garant.ru/12169057/#ixzz4U0fq6wO7). URL: <http://base.garant.ru/12169057/#ixzz4U0fq6wO7> (дата обращения: 20.09.2017).

REFERENCES

1. Ofitsialny sait MChS Rossii [Russia's MChS official site] mchs.gov.ru Retrieved from: <http://www.mchs.gov.ru/> [in Russian]
2. Tekhnicheskii reglament o trebovaniakh pozharnoi bezopasnosti. Federalny zakon RF [Technical regulations on fire safety requirements: Federal Law]. [consultant.ru](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/) Retrieved from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ [in Russian].
3. O tekhnicheskoy regulirovani: Federalny zakon [On technical regulation: Federal Law]. [consultant.ru](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/) Retrieved from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ [in Russian].
4. *Metodicheskie rekomendatsii po primeneniiu sredstv individualnoi zashchity i spaseniya lyudej pri pozhare, utverzhdennye glavnym gosudarstvennym inspektorom Rossiiskoi Federatsii po pozharnomu nadzoru general-polkovnikom Kirillovym G.N.* [Methodical recommendations on the use of people personal protective equipment and rescue in case of fire, approved by the Chief State Inspector of the Russian Federation for Fire Supervision Colonel-General G.N. Kirillov. from 11.10.2011. № 2-4-60-12-19.] Moscow: MChS Rossii [in Russian].
5. Tekhnika pozharnaya. Samospasateli izoliruyushchie dlya zashchity organov dyhaniya i zreniya lyudej pri ehvakuatsii iz pomeshchenij vo vremya pozhara. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy [Fire-fighting equipment. Self-rescuers isolating to protect the respiratory organs and people's eyes during evacuation from premises during a fire. General technical requirements. Test methods]. [consultant.ru](http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=584#0) Retrieved from <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=584#0> [in Russian].
6. O prinyatii tekhnicheskogo reglamenta Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti sredstv individualnoj zashchity» [Elektronnyj resurs]: Reshenie Komissii Tamozhennogo soyuza [On the adoption of the technical regulations of the Customs Union "On the safety of personal protective equipment" [Electronic resource]: Decision of the Commission of the Customs Union of 09.12.2011 № 878 (Edited on 13.11.2012)]. [consultant.ru](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124953/) Retrieved from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124953/ [in Russian].
7. Nacionalny standart Rossijskoj Federatsii. Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharnaya bezopasnost tekhnologicheskikh processov. Obshchie trebovaniya. Metody kontrolya [The national standard of the Russian Federation. Occupational safety standards system. Fire safety of technological processes. General requirements. Methods of control [Electronic resource]: GOST R 12.3.047-2012 (approved and put into effect by the Order of Rosstandart from 27.12.2012 № 1971-st)]. [consultant.ru](http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=17479#0) Retrieved from: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=17479#0> [in Russian].
8. Gnedenko B.V. (2007). *Kurs teorii veroiatnosti [Course of the theory of probability]*. Moscow [in Russian].
9. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnykh klassov funktsionalnoi pozharnoi opasnosti [On the approval of the method for determining the calculated values of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger [Electronic resource]: Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia from 30.06.2009 № 382 (as of 02.12.2015)]. [garant.ru](http://base.garant.ru/12169057/#ixzz4U0fq6wO7) Retrieved from: <http://base.garant.ru/12169057/#ixzz4U0fq6wO7> [in Russian].



А.Ф. Павлов // A. F. Pavlov
pavlovarhip@yandex.ru

д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией АО «НЦ ВостНИИ», Россия, 650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
doctor of technical sciences, professor, laboratory head of JSC «ScC VostNII», Russia, 650002, Kemerovo, Institutskaya St., 3



Д.В. Гаврилов // D. V. Gavrillov
gavrillovdmitriy1985@yandex.ru

старший научный сотрудник АО «НЦ ВостНИИ», Россия, 650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
senior scientific researcher of JSC «ScC VostNII», Russia, 650002, Kemerovo, Institutskaya St., 3

УДК 658.512

ПРИНЦИПЫ САМООРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ, ПЕРСОНАЛОМ, ОХРАНОЙ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEM, PERSONNEL, LABOR PROTECTION AND INDUSTRIAL SAFETY SELF-ORGANIZATION PRINCIPLES

В условиях быстро меняющейся производственной ситуации возникает и становится актуальной задача обеспечения надежности, безопасности и эффективности производственной системы, но не только. Возникает необходимость в обновлении производственных отношений. Одним из способов достижения этого является вовлечение работников рабочих профессий в управление производством на принципах самоорганизации. Таким образом, повышается реакция на происходящие изменения в технике и технологии производства.

При этом самоорганизация воспринимается как один из основных принципов обеспечения безопасности и эффективности труда в условиях возросшей интенсивности производственных процессов и обусловленных этой возросшей интенсивностью и непредсказуемостью возникновения опасных ситуаций. Поэтому создание и обеспечение создающей самоорганизации является актуальной задачей на пути к разработке эффективного хозяйственного механизма повышения безопасности и эффективности производственных систем.

В статье представлены методологические основы самоорганизации системы управления производством, персоналом, охраной труда, промышленной и экологической безопасностью, включая нормативно-правовое обеспечение, во многом определяющиеся наличием наемного работника и интенсивностью производственного процесса.

Разработаны механизмы функционирования принципов самоорганизации, направленные на вовлечение наемного персонала в вопросы организации управления производством.

In the conditions of a rapidly changing production situation, the problem of ensuring the reliability, safety and efficiency of the production system arises and becomes urgent, but not only this. There is a need for renewal of production relations. One way to achieve this is to involve workers in the working professions in the management of production on the principles of self-organization. Thus, the reaction to the changes in technical means and production technology is increasing.

At the same time, self-organization is perceived as one of the basic principles to ensure safety and efficiency of labor in the conditions of increased intensity of production processes and caused by them increased intensity and unpredictability of dangerous situation occurrences. Therefore, the creation and provision of creative self-organization is an urgent task on the way to developing an effective economic mechanism to improve the safety and efficiency of production systems.

The article presents the production management system, personnel, labor protection, industrial and environmental safety self-organization methodological foundations, including regulatory support, which is largely determined by the employee's presence and the intensity of the production process.

The self-organization principle functioning mechanisms, aimed at involving the hired personnel in solving the issues of organizing production management, have been developed.

Ключевые слова: НАЕМНЫЙ РАБОТНИК, САМООРГАНИЗАЦИЯ, ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ОХРАНА ТРУДА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Key words: HIRED WORKER, SELFORGANIZATION, RESPONCIBILITY, MANAGEMENT SYSTEM, LABOR PROTECTION, INDUSTRIAL SAFETY

Введение

Известно: «если хочешь сохранить – изменяйся...». Это приемлемо ко всему. Совершенствование и развитие – вот лейтмотив современности. Обусловлено это тем, что Человек на своем подсознательном уровне стремится любую работу делать быстрее и легче. В организационном плане это ведет к механизации и автоматизации его труда, к увеличению производительности, к интенсификации производственных процессов, включая процессы возникновения и развития опасных ситуаций.

В условиях быстро меняющейся ситуации возникает и становится актуальной задача обеспечения надежности, безопасности и эффективности производственной системы, но не только. Вслед за изменениями производительных сил возникает необходимость в обновлении производственных отношений, приведение их в соответствие с уровнем развития техники и технологии производства. А это уже вопросы обновления, совершенствования и развития организации управления производством, персоналом, охраной труда и промышленной безопасностью.

Таким образом, как в производственной системе, так и в системе её управления нет ничего постоянного. Допустим, разработал организацию системы управления производством. Дело дошло до внедрения – внедряй! Но теперь предстоит повседневная работа по её совершенствованию, развитию, по приведению её в соответствие с постоянно меняющейся производственной системой [1].

Опыт и анализ ситуации подскажут, что делать. Тем более, дело это абсолютно ненормальное: накоплен определенный опыт и познания. Например, известно: «миру в большей степени свойственна организация, чем дезорганизация», и это вселяет уверенность. Тем более, что это в наибольшей степени относится к искусственным, социально-экономическим самоорганизующимся производственным системам, где работают люди, обладающие явно выраженными свойствами инициативы и самоорганизации [2].

Здесь и в последующем под самоорганизацией понимается процесс, в ходе которого самосовершенствуется и развивается система управления производственным объектом. Результативность такого процесса увязывается с рядом условий, в том числе наличием совокупности взаимодополняющих организационно-правовых и социально-экономических механизмов, принципов организации системы управления

производством, персоналом, охраной труда, промышленной и экологической безопасностью, приемлемых для использования в современных условиях возросшей интенсивности производственной деятельности [3].

При этом самоорганизация воспринимается как один из основных принципов обеспечения безопасности и эффективности труда в условиях возросшей интенсивности производственных процессов и обусловленных этой возросшей интенсивностью и непредсказуемостью возникновения опасных ситуаций. Поэтому создание и обеспечение создающей самоорганизации является актуальной задачей на пути к разработке эффективного хозяйственного механизма повышения безопасности и эффективности производственных систем.

Правомерность такого утверждения рассмотрим на отдельных примерах, механизмах функционирования принципов самоорганизации.

Принцип регламентированного управления.

При существующей системе хозяйствования, организованной на принципах регламентированного управления производством, персоналом, охраной труда и промышленной безопасностью, безопасность и эффективность производства во многом определяются состоянием трудовой и технологической дисциплины работников как непосредственных исполнителей, работников рабочих профессий, так и руководителей и специалистов. Здесь все направлено на неукоснительное исполнение ими регламентированных правил и норм безопасного и производительного ведения работ, особенно на низовом уровне работниками рабочих профессий. Для них здесь фактически нет условий для инициативы и творчества.

Таким образом, работники рабочих профессий при организации управления производством, охраной труда и промышленной безопасностью на принципах регламентированного управления в организационно-правовом плане исключаются из участия управлением, в том числе самоуправлением производства, охраной труда и промышленной безопасностью.

Регламентированный, авторитарный принцип организации системы управления производством характеризуется тем, что исполнитель обязан делать только то, на что укажет ему его начальник или предписанный регламент, и ничего по своей инициативе. Коль так, то при системе регламентированного управления для работни-

ков рабочих профессий в их производственной деятельности нет места для инициативы, как нет места и для творчества.

Этот регламентированный принцип организации управления наиболее приемлем там, где, во-первых, низкая квалификация исполнителей, где превалирует преимущественно ручной труд и нет особого доверия к возможностям исполнителей, и, во-вторых, там, где правомерно статическое представление реальной действительности и прогнозирование производственной ситуации, хотя бы на ближайшую перспективу.

Проблема дисциплины наиболее остро возникает и постоянно присутствует именно при авторитарном, регламентированном режиме управления производством. Здесь сам принцип организации системы управления производством выдвигает на передний план необходимость строгого соблюдения регламента, предписанной организации труда, чем фактически исключает инициативу и творчество исполнителей работ, особенно для работников рабочих профессий.

Таким образом, при существующих системах централизованного, регламентированного управления промышленным производством, персоналом, охраной труда и промышленной безопасностью:

- под трудовой дисциплиной понимается исполнительская дисциплина, основным принципом которой является принцип неукоснительного исполнения предписанных правил и норм безопасного ведения работ;

- безопасность и эффективность труда во многом увязывается с состоянием трудовой дисциплины как работников рабочих профессий, так и руководителей работ и специалистов, причем на всех уровнях управления производством.

Принцип ситуационного управления.

Современное промышленное производство характеризуется возросшей интенсивностью производственных процессов. Возросшая интенсивность производственных процессов обуславливает высокую интенсивность и непредсказуемость изменений производственной ситуации, даже на ближайшую перспективу, и одновременно возросшую интенсивность и непредсказуемость возникновения негативных исходов таких изменений [4].

Непредсказуемость ситуаций даже на ближайшую перспективу делает нерациональным для низового уровня управления производством и ограничивается использованием принципа регламентированного управления производством, персоналом, особенно для ра-

ботников рабочих профессий, а также охраной труда и промышленной безопасностью. Для полноты организации управления в дополнение к принципам регламентированного управления требуется подключать принципы ситуационного управления.

Таким образом, становится необходимым и возможным вовлечение работников рабочих профессий в управление производством на их рабочих местах на принципах регламентированного и ситуационного управления. Вместе с тем, там, где вступают в действие принципы ситуационного управления, возрастают повышенные требования к компетентности и творческой деятельности работников.

Ситуационное управление связано с творчеством работника при принятии решений по управлению производством на подконтрольном ему объекте. Особо это характерно и важно для низовых уровней управления производством, охраной труда и промышленной безопасности, то есть там, где производственная ситуация меняется наиболее интенсивно, а прогнозирование производственной ситуации даже на ближайшую перспективу невозможно, одновременно нерациональным становится использование принципов регламентированного управления.

Вместе с тем при переходе к системе ситуационного управления следует признать, что творчество и инициатива – взаимодополняющие свойства работника. Можно быть работником сугубо дисциплинированным, исполнительным и одновременно совершенно безынициативным. Такого работника трудно представить творческим, способным безопасно и производительно управлять производственным процессом, не упускающим благоприятные возможности в деле обеспечения безопасности и эффективности труда.

Дело в том, что в отдельных случаях опасные проявления не только могут, но и должны быть предотвращены по своей инициативе, причем даже нерегламентированными способами, не нарушая при этом требования правил и норм безопасного ведения работ, а дополняя их.

Такое возможно и необходимо в условиях большого разнообразия производственных ситуаций. Обусловлено это еще тем, что дисциплина труда в форме требования «безупречной исполнительности регламентированных правил и норм и ничего сверх того» нередко входит в противоречие с «необходимостью проявления инициативы и творчества ради безопасности и производительности в интересах успеха целого». Неукоснительное исполнение правил и норм не-

редко не является достаточным условием обеспечения как безопасности, так и эффективности производства. Реальная действительность бесконечно богата своим разнообразием, и, как известно, «на все случаи жизни правил и норм не напишешь».

Отсюда, во-первых, следует: «Каждый работник для предотвращения опасности на подконтрольном ему объекте обязан из всего необходимого предусмотреть все возможное, независимо от того, предусмотрено это или нет нормативными правовыми документами».

Во-вторых, надо признать и принять к исполнению вполне очевидное в своей рациональности и правомерности положение: «Исполнение правил и норм не является достаточным основанием невинности работника по любому негативному исходу на подконтрольном ему объекте. Каждый обязан из необходимого предусмотреть все возможное, независимо от того, предусмотрено или нет это правилами и нормами».

Оказывается, для полноты обеспечения безопасности труда важно еще выяснить: для предотвращения негативного исхода выполнил ли работник из всего необходимого все, что для этого было необходимо и возможно, проявил ли инициативу в поисках приемлемого решения, безусловно, с учетом конкретно сложившейся ситуации.

Потребность в инициативе постоянно существует и выражается в объективном желании получить значимые результаты своей деятельности, а все это нередко связано с определенной мерой риска и побуждает работника к поиску и исполнению приемлемых безопасных решений. Обусловлено это еще тем, что Человек может и, как правило, стремится быть инициативным и ответственным.

С позиций достижения высокой эффективности и безопасности труда применительно к любым производственным условиям существует наиболее подходящая, то есть рациональная организация труда, основанная на рациональной системе хозяйственного механизма. Разработка теоретических положений организации такой системы, то есть разработка положений хозяйственного механизма, стимулирующих формирование позитивной мотивации, представляется актуальной задачей. При этом в разработке хозяйственного механизма, направленного на формирование позитивной инициативы, надо руководствоваться интересами работника и работодателя, ради которых и существует любое производство, не забывая при этом об их ответственности и интересах сообщества, госу-

дарства.

Ответственность.

Вопрос об ответственности возникает там, где затрагиваются интересы не менее чем двух сторон. Производственные отношения и система ответственности на современных промышленных предприятиях формируются интересами предпринимателя, его наемного работника и сообщества в лице государства. Поэтому в обеспечении безопасности труда проблема ответственности сводится преимущественно к проблеме формирования рационального поведения, прежде всего работодателя и его наемного работника.

При организации системы управления производством, персоналом, охраной труда и промышленной безопасности на принципах регламентированного управления рациональность поведения наемного работника рабочей профессии оценивается по его исполнительской дисциплине, по исполнению всего того, что ему предписано во всем множестве организационно-правовых документов. Большого, как правило, от него не требуется, если даже его действия иногда приводят к негативному исходу, так как правила поведения и правила ведения работ на рабочем месте определялись и продолжают определяться не им, а специалистами и руководителями работ. Поэтому ответственность за негативный исход по таким происшествиям нередко переносится на руководителей и специалистов.

Таким образом, работники рабочих профессий во многих случаях негативных исходов их деятельности остаются вне сферы ответственности на том основании, что: «Не они принимали решения, следование которым привело к негативному исходу. Они лишь следовали предписанному».

Делегирование ответственности.

Современное развитие техники и технологии производства сделали необходимым внести изменения в организацию труда, а вместе с этим и в производственные, организационно-правовые отношения. Во-первых, изменилось содержание производственной деятельности наемного работника, работника рабочей профессии как непосредственного исполнителя работ. Он уже самостоятельно ведет порученное ему дело: все больше и больше вовлекается в управление машинами и механизмами, в управление производственными процессами, то есть в оперативное управление производством на подкон-

трольном ему объекте. Во-вторых, изменились требования к его профессиональному уровню. В-третьих, в условиях возросшей интенсивности производственных процессов и процессов формирования опасности очень значимо возросла роль самоорганизации, роль каждого работника в обеспечении безопасности и эффективности производства.

На этом фоне в системе производственных отношений наиболее значимой характеристикой наемного работника стала не собственно его исполнительская дисциплина, а его компетентность, под которой одновременно понимается и его профессионализм, и его ответственность, а в целом – его способность самостоятельно вести порученное дело безопасно и производительно. На этом фоне состоявшихся изменений парадоксальным представляется факт: работник рабочей профессии фактически получил право самостоятельно вести порученное ему дело, а адекватной меры ответственности по результатам его деятельности у него нет. До сей поры фактически остается свободным от уголовной ответственности по любому негативному исходу его деятельности. Этим, безусловно, нарушается баланс между его фактическими правами и ответственностью, что нередко ведет к произволу в его действиях, что, во-первых, явно несправедливо, и не работает на обеспечение безопасности; во-вторых, противоречит принципам самоорганизации и производительности.

Современное развитие техники и технологии промышленного производства сделали необходимым внести изменения в сами принципы организации управления промышленным производством. Стало необходимым известный принцип делегирования ответственности, широко используемый в организации управления инженерно-техническим персоналом, распространить и на рабочий персонал.

Таким образом, будет вытесняться авторитарный принцип управления рабочим персоналом, создавая единое правовое поле как для работников рабочих профессий, так и для инженерно-технического персонала промышленных предприятий. Разумеется, это там, где созрели для этого все необходимые и упомянутые выше условия.

Надо признать, в большинстве организаций такие условия созрели. Работники рабочих профессий способны самостоятельно вести порученное им дело на принципах делегирования ответственности, к сожалению, ограничиваясь дисциплинарной ответственностью, при этом избегая административной и уголовной по лю-

бому негативному исходу их действий или бездействия.

Согласование интересов.

Система делегирования ответственности создается и обеспечивается вышестоящей организацией и одновременно определяет границы самоорганизации и самоуправления, стратегию поведения нижестоящего. Видимо, в этом и проявляется совмещение принципов централизованного и автономного управления. При этом рациональность организации системы централизованного управления определяется тем, насколько согласованными окажутся интересы управляющих субъектов каждого уровня хозяйственного управления, то есть насколько оптимизация частей будет способствовать оптимизации целого.

Организация управления персоналом на основе принципов делегирования ответственности, на принципах согласования централизованного и автономного управления путем разделения прав и ответственности между разными уровнями хозяйственного управления, безусловно, привносит в систему управления возможность самоорганизации, однако возможность не есть действительность. Действительность характеризуется тем, что подавляющее большинство персонала промышленных предприятий является наемными работниками, а значит, приходится учитывать интересы наемного работника.

Инициатива.

Для эффективного использования имеющихся возможностей самоорганизации в системе управления промышленным производством наемному работнику рабочей профессии в дополнение к его правам и ответственности необходимо обладать еще и инициативой, а инициативы часто не хватает даже инженерно-техническому персоналу. Причина в том, что и инженерно-технический персонал промышленных предприятий остается, по существу, также наемными работниками со всеми сопутствующими им признаками и интересами. «Забота о завтрашнем дне», о будущем, о целом – это то, чего не хватает большинству наемных работников; это то, что порождает инициативу, творчество и отличает предпринимателя от наемного работника.

Собственность.

Забота о завтрашнем дне у предпринимателя порождается и постоянно подкрепляется наличием у него собственности.

Вполне возможно, что опыт всеобъемлющего централизованного «в руках государства» хозяйственного управления по сравнению с преимущественно рыночной схемой хозяйственного регулирования оказался менее эффективным именно потому, что при преимущественно рыночной схеме хозяйствования людей, заботящихся о завтрашнем дне, о конечном результате производства, в общей массе деятельного населения оказывается значительно больше. Если так, то, естественно, возникает вопрос: нельзя ли усмотреть механизм, некоторую аналогию в масштабе персонала одного промышленного предприятия, так как и люди, и их интересы одни и те же.

Чтобы ответить на этот вопрос, видимо, надо достаточно полно осознать, какие мотивы поведения привносятся в людей вместе с приобретением собственности.

Самоорганизация.

Самоорганизация предполагает право на принятие и исполнение самостоятельных решений, но для этого необходимо обладать соответствующим правом. Приобретенная собственность автоматически дает хозяину собственности такое право и адекватную меру ответственности за любые исходы в пределах этой собственности.

Подавляющее большинство хозяйствующих субъектов, руководители организаций и их подразделения являются вовсе не собственниками на используемые средства и продукты производства, а наемными работниками, наделенными правом оперативного управления этой собственностью. Для них управляемый ими объект, как правило, не входит в их собственность. Поэтому для обеспечения баланса между их правами и ответственностью на них силой государственной власти возлагается адекватная мера дисциплинарной, административной и уголовной ответственности по любому негативному исходу их действий или бездействия.

Таким образом, у них возникает право на выбор хозяйственных решений, включая право на риск. В процессе трудовой деятельности такие права наиболее полно обеспечиваются правом оперативного управления на используемые средства производства. Право на выбор и исполнение решений обеспечивает оперативность управления, побуждает управляющего субъекта на инициативу, творчество, формирует в нем чувство ответственности и потребность в компетентности. Таким образом, наделение управляющего субъекта правом оперативного

управления, как правило, ведет к усилению самоорганизации и повышению эффективности управления производством.

Видимо, надо понимать так. Наделение правом собственности формирует предпринимательскую инициативу, вынуждает заглядывать вперед, то есть жить не одним днем. Вместе с тем существуют иные формы права на средства производства. Отсюда возникает задача оценки возможности использования той или иной формы права для формирования предпринимательской инициативы среди наемного персонала промышленного предприятия.

Право оперативного управления.

Что касается наемного работника, то применительно к нему, как правило, не подходит такое понятие, как предприимчивость. Для этого нет почвы. Применительно к наемному работнику можно говорить об инициативности, однако природа ее формирования иная. Если кто и подходит для наделения особыми правами к средствам производства промышленного предприятия, так это, прежде всего, руководители подразделений. Теперь о том, как это может быть выражено организационно.

В плане совершенствования внутрипроизводственного хозяйствования на уровне подразделений, видимо, необходимо рассмотреть условия, делающие рациональным наделение руководителей относительно хозяйственно обособленных подразделений организации элементами права оперативного управления с элементами внутрипроизводственного, хозяйственного расчета. Подобным или близким к этому правом обладает руководитель предприятия, который наделяется компанией нормированными финансовыми ресурсами по отдельным направлениям их расходования и одновременно может иметь возможность получения и расходования части прибыли на своем уровне управления.

Необходимыми условиями такой организации внутрипроизводственного, хозяйственного расчета среди подразделений организации являются:

относительная обособленность производственного объекта внутри организации;

взаимодействие структурных подразделений организации по ценам производства услуг, обеспечивающим равно выгодное взаимодействие;

страхование ответственности руководителей подразделений из собственных доходов подразделения.

Это путь формирования малых предпри-

ятий или нечто подобное малым предприятиям. Цель таких преобразований в границах одной крупной организации является не дробление организации на множество самостоятельных, а введение в состав структурных подразделений таких условий хозяйствования, которые вынуждают руководителей этих подразделений проявлять инициативу и озабоченность о безопасности труда, подобную той, которая присуща руководителю любой промышленной организации.

Творчество исполнителей.

Наделение наемного работника правом оперативного управления не единственный способ обеспечения или усиления в нем интереса к самоорганизации, воспитания инициативы. Применительно к исполнителям работ есть и другие способы воспитания инициативы, например, вовлечение в творческую деятельность в форме изобретательства и рационализации, реализуя таким образом, потребность работника к самовыражению.

В психологическом плане для каждого работника участие в изобретательстве и рационализации – это совершенствование самого себя, удовлетворение своих потребностей в самовыражении и саморазвитии.

Безграничным полем творчества в производственной деятельности являются вопросы качества выпускаемой продукции и оказываемых услуг. Всегда были и будут актуальными вопросы обеспечения эффективности производства и безопасности труда.

В производственной деятельности ориентиром в определении перспективных направлений по совершенствованию качества продукции или оказываемых услуг являются интересы потребителя твоей продукции, услуг. Для этого надо познать и осознать интересы того, кто по технологической цепочке вслед за тобой продолжает работать над предметом твоей работы, а затем пытаться их удовлетворить лучше, чем кто-либо другой.

Если так, то отсюда следует весьма важный для организации управления персоналом вывод: налаженная система рационализации и изобретательства является хорошим методом хозяйственного стимулирования наемного труда. Помимо того, что творческий труд работников, ориентированный на повышение качества продукции и услуг, сам по себе является необходимым условием повышения эффективности производства, он еще является стимулом для повышения безопасности труда и устойчивости развития производства.

Теперь о том, как наладить среди персонала организации движение по рационализации и изобретательству. Здесь, видимо, нет смысла изобретать что-то новое. Опыт прошлого богат известными примерами работы общества изобретателей и рационализаторов, кружков качества, премирования и иного вознаграждения и поощрения. Причем все это возможно возродить в пределах любой отдельно взятой организации.

Выводы.

1. С возникновением товарного производства, специализации и разделения труда возник наемный труд, а вместе с ним и культура наемного работника, крайне негативное проявление которой выражается в известной фразе: «прокукарекал свое, а дальше хоть не светай...», которая плохо или вовсе не ориентирует наемного работника на интересы будущего: будущее подразделения, предприятия и т.д. Наемный труд формирует известную идеологию, называемую «поедание будущего», ограничиваясь «сиюминутными интересами» получать «много и сейчас».

Все это должно восприниматься всерьез как в повседневной практике оперативного управления производством, так и при совершенствовании организации управления персоналом, совершенствовании производственных, организационно-правовых отношений.

2. Вовлечение наемных работников в интересы производства – дело небезнадежное. Опыт производственной деятельности и организации управления наемным персоналом достаточно богат примерами успешного решения указанной проблемы. Использование этого опыта возможно при внимательном его изучении, пропаганде и повседневном внедрении на всех уровнях хозяйственного управления.

3. Началом вовлечения наемных работников рабочих профессий в управление производством на принципах самоорганизации, надо признать состоявшийся факт: наделение их правом оперативного управления. Работники рабочих профессий на своих рабочих местах повсеместно и самостоятельно ведут порученное им дело.

Для полноты решения этой проблемы – проблемы вовлечения их в управление производством на принципах самоуправления – необходимо наделить их адекватной мерой всех форм ответственности, включая и уголовную, причем по любому негативному исходу их действий и бездействия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Организация совершенствования управления производством / Под ред. Г.Х. Попова. М.: Экономика, 1977. 207 с.
2. Бovyкин В.И. Новый менеджмент (управление предприятиями на уровне высших стандартов: теория и практика эффективного управления). М.: Экономика, 1997.
3. Эмерсон Г. Двенадцать принципов производительности. М.: Экономика. 1992.
4. Новое направление в расследовании аварий на угольных шахтах Австралии / составители В.С Гершгорин, Л.П. Петухова; пер. с англ. Л.П. Петуховой, Н.Г. Смирновой; НФИ ГОУ ВПО "КемГУ." Новокузнецк, 2007. 27 с.

REFERENCES

1. Popov, G.Kh. (1977). *Organizatsiia sovershenstvovaniia upravleniia proizvodstvom [Production management improvement organization]*. Moscow: Ekonomika [in Russian].
2. Bovykin, V.I. (1997). *Novyi menedzhment (upravlenie predpriyatiyami na urovne vysshikh standartov: teoriya i praktika ehffektivnogo upravleniya) [New management (enterprise management at the level of the highest standards: theory and practice of effective management)]*. Moscow: Ekonomika [in Russian].
3. Emerson, G. (1992). *Dvenadtsat printsipov proizvoditelnosti [Twelve principles of productivity]*. Moscow: Ekonomika [in Russian].
4. Gershgorin, V.S., & Petukhova, L.P. (2007). *Novoe napravlenie v rassledovanii avarij na ugolnykh shakhtakh Avstralii [A new trend in Australia coal mines accident investigations]*. Novokuznetsk: NFI GOU VPO "KemGU"



ПКА-01
ПРИБОР КОНТРОЛЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

ПКА-01

INDSAFE.RU



И.А. Артюшин // I. A. Artushin
igor.artushin@gmail.com

директор по проектированию НАО «НЦ ПБ», Россия, 650002, г. Кемерово, Со-
сновый бульвар, 1
director of engineering of NAO "NC BP",
Russia, 650002, Kemerovo, Sosnovij
Boulevard, 1



Я.В. Гиркин // Ya. V. Girkin
Yakov.Girkin@plusgroup.ru

заместитель директора Пермского фи-
лиала АО "Энергоремонт Плюс" группа
«Т Плюс», Россия, 614064, г. Пермь, ул.
Героев Хасана, 38
deputy director of the Perm branch of
JSC "Energoremont Plus" group "T Plus",
Russia, 614064, Perm, Geroyev Khasana
St., 38



В.Ф. Петерс // V.F. Peters
peters_vf@interra.ru

руководитель направления ООО «Ин-
тер РАО – Управление электрогенера-
цией», Россия, 119435, г. Москва, ул.
Пироговская Б, д. 27 стр.2
head of the direction of LLC "Inter RAO
- Electricity Generation Management",
Russia, 119435, Moscow, Pirogovskaya B
St., 27,2



М.А. Зубаков // M.A. Zubakov
mikhail.zubakov@cotes-group.com

директор по проектированию АО «КО-
ТЭС», Россия, 630049, г. Новосибирск,
ул. Кропоткина, 96/1
director of Engineering JSC "KOTES",
Russia, 630049, Novosibirsk, Geroyev
Kropotkina St., 96/1

УДК 622.356

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ И БОРЬБЫ С ЗАПЫЛЕННОСТЬЮ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ, РАБОТАЮЩИХ НА КАМЕННОМ УГЛЕ

METHODS AND MEANS OF AUTOMATIC CONTINUOUS MONITORING OF DUST CONCENTRATION AND DUST CONTROL IN THERMAL POWER PLANTS OPERATING ON COAL

В России на сегодняшний день насчитывается 358 тепловых электростанций большой и средней электрической мощности (более 25 МВт). Актуальной проблемой безопасности на предприятиях ТЭС является проблема выделения угольной пыли, что влияет как на экологическую, так и на промышленную безопасность. Усугубляет ситуацию тот факт, что тепловые электростанции в большинстве случаев расположены в городской черте.

Современной нормативно-технической базой предусматриваются ряд мероприятий для уменьшения запыленности, которые не дают нужного эффекта. В статье рассматриваются новые способы - применение автоматизированных систем контроля запыленности и борьбы с пылью на базе системы пневмогидроорошения (далее ПГО), которые позволяют существенно повысить уровень промышленной безопасности угольных станций, а также улучшить экологическую обстановку вокруг ТЭС. Рассмотрены основные особенности, элементы и места установки систем ПГО. Приведены примеры схемы системы ПГО с дозатором жидкого смачивателя, схемы установки ПГО на складе угля и принципиальной схемы подвесной передвижной системы ПГО для орошения противоположного экрана.

Испытания системы ПГО доказали её эффективность. Правильная установка и настройка в помещениях, узлах пересыпок и галереях увеличивает эффект пылеподавления до 98%, а на открытых площадках до 80 %. В сочетании с существующей установкой «Ветровой барьер» эффективность системы ПГО на открытых площадках может достигать 90%.

В статье отмечено, что для активного внедрения подобных систем в производственный цикл, необходимо пересмотреть нормативную базу в области правил эксплуатации тепловых электростанций.

In Russia today, there are 358 thermal power plants of large and medium electric power capacity (more than 25 MW). The urgent problem of safety at TPP enterprises is the problem of coal dust emission, which affects both ecological and industrial safety. The situation is aggravated by the fact that thermal power plants are in most cases located within the city limits.

Modern regulatory and technical base provides for a number of measures to reduce dust, which do not give the desired effect. The article considers new methods - the use of automated dust control and dust suppression systems on the basis of the pneumatic hydraulic spraying system (hereinafter referred to as PGO), which significantly improve the level of industrial safety of coal plants, as well as improve the ecological situation

around TPP. The main features, elements and places of PGO systems' installation are considered. Examples are given of the PGO system scheme with a dispenser for a liquid wetting agent, a scheme for installing a PGO in a coal storehouse, and a schematic diagram of a pendant mobile PGO system for spraying a dust stopping screen.

Tests of the PGO system have proved its effectiveness. Correct installation and adjustment in premises, sites of overloading and galleries increases the effect of dust suppression to 98%, and in open areas to 80%. In combination with the existing installation "Wind barrier", the efficiency of the PGO system in open areas can reach 90%.

The article notes that to actively introduce such systems into the production cycle, it is necessary to revise the regulatory framework in the field of operating rules for thermal power plants.

Ключевые слова: ТЭС, тепловые электростанции, борьба с пылью, пневмогидроорошение, запыленность, обеспыливание, ветровая дефляция, ветровой барьер, автоматизированные системы контроля запыленности

Key words: TPP, thermal power plants, dust suppression, pneumatic hydraulic spraying, dustiness, dust removal, wind deflation, wind barrier, automated dust control system

Введение.
В России на сегодняшний день насчитывается 358 тепловых электростанций большой и средней электрической мощности (более 25 МВт). Их общая установленная мощность равна 158,6 ГВт [1]. Структура генерирующих мощностей по виду топлива представлена на рисунке 1.

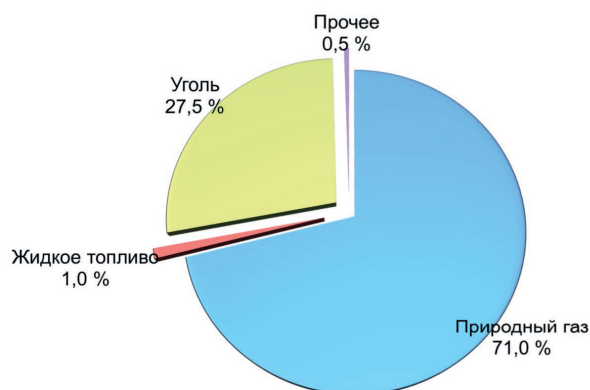


Рисунок 1 – Структура генерирующих мощностей по виду топлива

Figure 1 – Structure of generating capacities by type of fuel

Несмотря на то что доля «угольной» энергетики за последнее время неуклонно уменьшается за счет перевода ТЭЦ, расположенных в первую очередь в центральной России, на сжигание природного газа, строятся и вводятся в эксплуатацию новые угольные станции. Например, ТЭЦ в г. Советская Гавань, Хабаровский край, Приморская ТЭС, Калининградская область, Благовещенская ТЭЦ, Амурская область (введена в эксплуатацию в 2016 г.), Черепетская ГРЭС им. Д.Г. Жимерина, Тульская область (расширение станции) и т.д. Кроме того, тепловые электростанции, расположенные в Сибири, экономически целесообразно эксплуатировать на угле, ввиду относительной доступности в регионе данного вида топлива с точки зрения «транспортного плеча».

Одной из проблем безопасности на пред-

приятиях ТЭС является проблема выделения угольной пыли, что влияет как на экологическую, так и на промышленную безопасность.

Причиной возникновения пожаро- и взрывоопасных ситуаций на объектах электроэнергетического комплекса, сжигающих твердое топливо, является самовозгорание отложений угольной пыли, образующейся в том числе и в процессе транспортировки. Данная проблема наблюдается как в процессе хранения и транспортировки угля, так и в целом на всем объекте энергетики. Необходимо отметить, что взрывы и пожары в различных технологических системах, в том числе в системе пылеприготовления, регулярно повторяются и приводят к серьезным авариям с несчастными случаями, с разрушением оборудования и с нанесением вреда экологии. Основной причиной такого рода чрезвычайных ситуаций является самовозгорание отложений угольной пыли [1].

С августа по ноябрь 2017 года из-за взрыва угольной пыли аварии произошли на Кемеровской ТЭЦ и Рязанской ГРЭС [5]. Количество аварий, произошедших из-за взрывов угольной пыли, за последние десять лет превысило десять случаев [6].

Кроме того, активное пыление угольных складов пагубно влияет на экологическую обстановку вокруг территорий электростанций. Усугубляет ситуацию тот факт, что тепловые электростанции в большинстве случаев расположены в городской черте.

Анализ

При транспортировке угля от разгрузки до бункеров сырого угля (БСУ) основными источниками интенсивного пылевыведения являются следующие места:

- вагоноопрокидыватели
- галереи конвейеров
- узлы пересыпки

- открытые склады угля
- дробильно-сортировочные комплексы цеха топливоподготовки
- и др.

Традиционно в проектной документации предусматриваются следующие мероприятия для уменьшения запыленности: максимальная герметизация технологического оборудования, установка систем аспирации, системы гидрообеспыливания, уборка пыли всех отапливаемых помещений гидросмывом.

Отдельно стоит вопрос о пылении золошлакоотвалов (далее - ЗШО), где на сегодняшний день в качестве мероприятий по борьбе с пылением до сих пор используют поливочные машины, содержание которых требует строительства большого количества сопутствующих зданий и сооружений (стоянка техники, заправочная станция, ремонтный бокс, резервуар для хранения воды, дренажные системы, очистные сооружения и т.д.). Кроме того, выбор места расположения ЗШО также зависит от пыления. Так, согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция», санитарно-защитная зона ЗШО составляет 300 м [5].

Нормативная база в области борьбы с пылью на объектах энергетики не менялась с прошлого столетия из-за отсутствия научно-технических разработок в данной области. В связи с чем сегодня на тепловых электростанциях проводят только периодический контроль запыленности как рабочей зоны, так и воздуха вокруг ТЭС.

Инновационные разработки

Для повышения уровня промышленной безопасности при технологических процессах ТЭС, а также для улучшения экологической обстановки вокруг тепловых электростанций в местах интенсивного пыления на сегодняшний день целесообразно применение автоматизированных систем контроля запыленности и борьбы с пылью на базе системы пневмогидроорошения (далее по тексту - ПГО).

К техническим преимуществам системы ПГО относятся:

- незначительный расход воды (уменьшение до 12 раз по сравнению со стандартными системами гидрообеспыливания);
- использование воды системы технического водоснабжения станции (в том числе морской воды);
- эффективное пылеулавливание частиц от 5 до

200 мкм, обеспечивающее наименьшее остаточное пылесодержание очищенного воздуха (по сравнению со стандартными системами аспирации);

- улучшение гигиенических и санитарных условий труда работников и проживания местных жителей, повышение уровня безопасности персонала, снижение затрат на уборку пыли;
- отсутствие застойных зон орошения;
- вытеснение взрывоопасных газов из опасных областей;
- возможность проверки работоспособности системы визуальным методом (осмотром);
- простое обслуживание системы;
- удобное регулирование расхода, контроль за давлением воды и воздуха;
- снижение затрат на обслуживание и ремонт;
- наличие режима «автомат», в котором происходит постоянный мониторинг запыленности атмосферы и в случае необходимости включение системы в автоматическом режиме.

Простота конструкции форсунки, в которой предусмотрены отверстия диаметром от 3 мм, обеспечивает надежность и прочность системы.

Система ПГО может рассматриваться как дополнительная, так и альтернативная уже имеющимся системам по борьбе с пылью. Кроме того, системы ПГО предусматриваются для установки в новых местах, где системы по борьбе с пылью отсутствуют.

Подача свежей технической воды для систем ПГО может предусматриваться из систем технического водоснабжения электростанции и очищенных дождевых стоков после локальных очистных сооружений электростанции.

Подача сжатого воздуха осуществляется от компрессорных установок внутростанционной системы сжатого воздуха.

Отвод шлама после системы ПГО в отапливаемых помещениях предусматривается гидросмывом, а на открытых площадках – общеплощадочной канализацией промышленно-ливневых стоков в очистные сооружения предприятий.

Кроме того, для повышения эффективности улавливания и связывания угольной пыли на предприятиях топливно-энергетического комплекса в системах принудительного пылеподавления применяют водные растворы агентов, улучшающих смачивание угольной пыли. Например, осаждение 72-92 % частиц угольной пыли может быть достигнуто для широкого спектра марок угля при концентрациях смачивателя от 0,1 до 0,15 % в воде. В современной практике существует множество различных эффективных

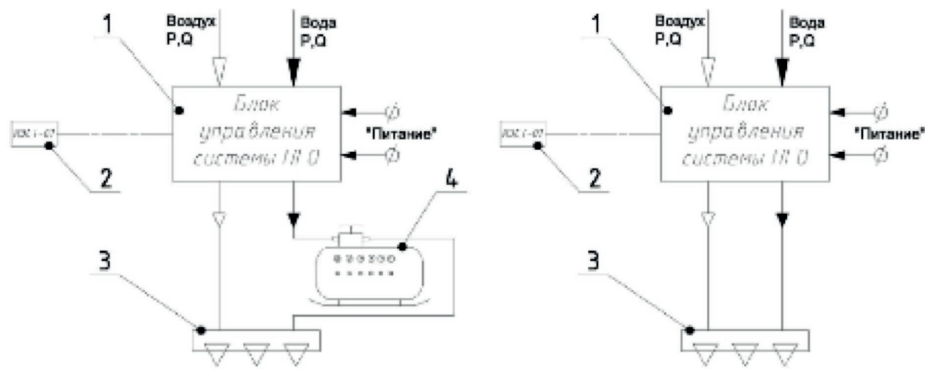


Рисунок 2 – Пример схемы системы ПГО с дозатором жидкого смачивателя (слева) и без него, где 1 – Блок управления системы ПГО; 2 – Датчик измерения концентрации пыли в атмосфере (ИЗСТ-01); 3 – Блок форсунок; 4 - Дозатор жидкого смачивателя

Figure 2 – An example of a scheme of a PGO system with a dispenser of a liquid wetting agent (on the left) and without it, where 1 is the control unit of the PGO system; 2 - The sensor for measuring the concentration of dust in the atmosphere (IZST-01); 3 - Block of injectors; 4 - Liquid wetting agent dispenser

технических смачивателей, в том числе экологически безопасных на органической основе, которые уже используются в системе гидрообеспыливания угольных предприятий РФ [4].

Для более эффективного пылеподавления, предупреждения выброса угольной пыли в атмосферу, уменьшения потери угля и сокращения расхода воды рекомендуется оснастить систему ПГО на всех этапах дозаторами, которые позволяют использовать смачиватель в технологическом процессе обеспыливания. Принципиальная схема такого применения изображена на рисунке 2.

С целью предотвращения разноса ветром

угольной пыли с территории склада топлива предусматривается установка «Ветровой барьер» (противопылевой защитный экран).

Для значительного снижения концентрации угольной пыли на территории склада и за его пределами предлагается оснастить места интенсивного пыления стационарными и передвижными системами пневмогидроорошения в двух вариантах (рис. 3). Установка вносит существенный вклад в сдерживание пылевых частиц.

Вариант 1

Открытые места хранения угля возможно орошать с помощью системы ПГО, установленной на передвижной вдоль склада консоли. Кон-

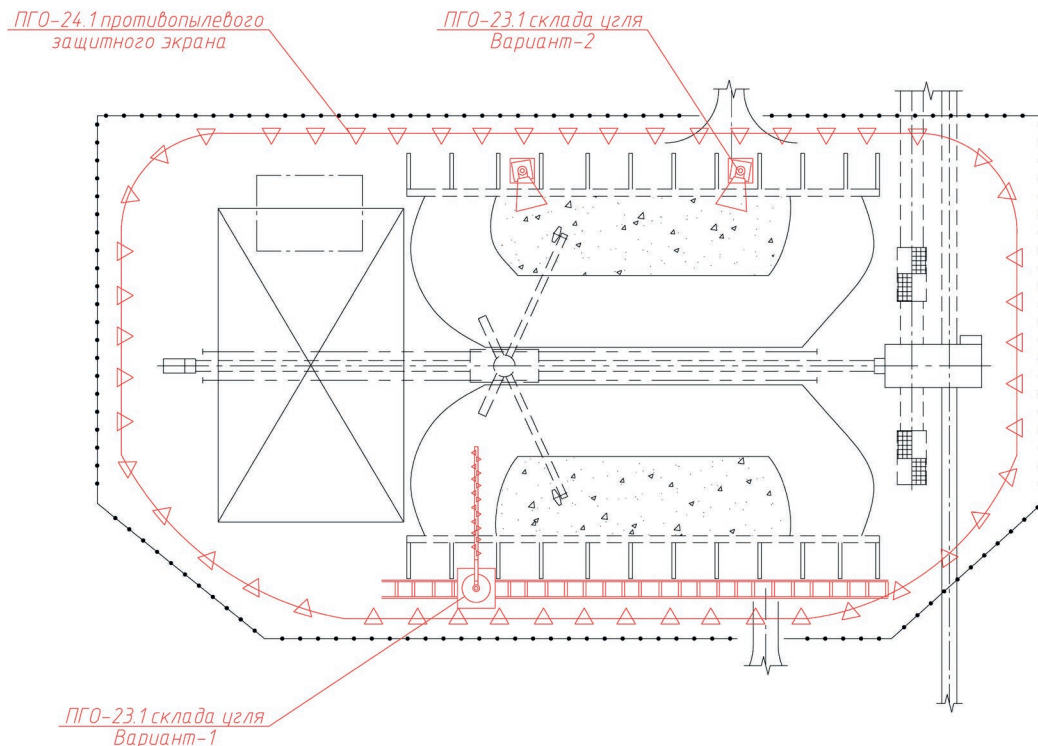


Рисунок 3 – Схема установки ПГО на складе угля
Figure 3 – Scheme of installation of PHS in a coal warehouse

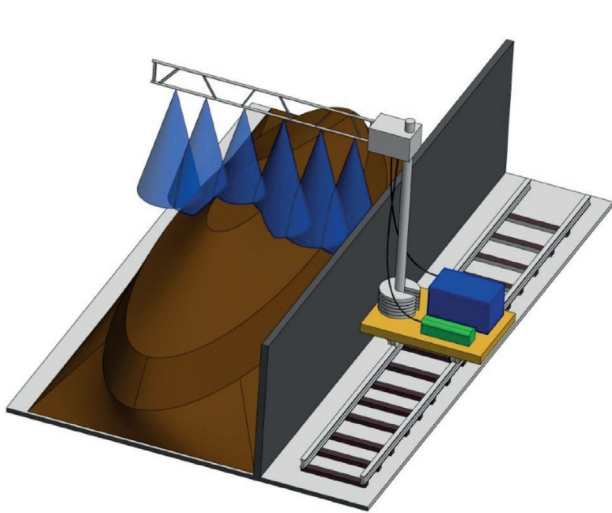


Рисунок 4 – Вариант передвижной системы ПГО для орошения штабеля угля
Figure 4 – Variant of the mobile system of PHS for irrigation of a stack of coal

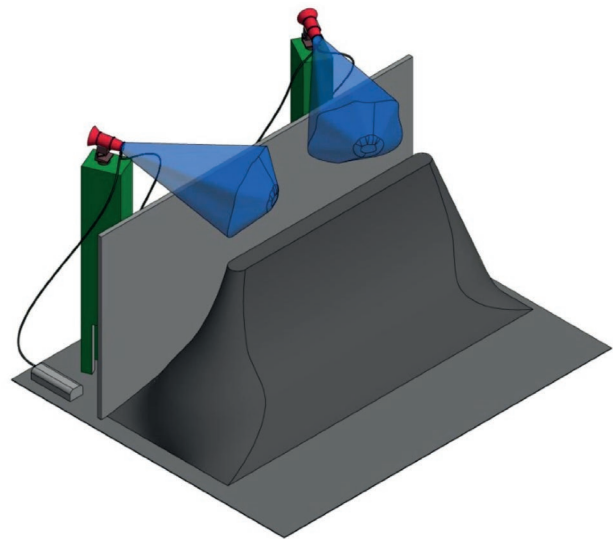


Рисунок 5 – Вариант стационарной системы ПГО для орошения штабеля угля
Figure 5 – Variant of the stationary system of PHS for irrigation of a stack of coal

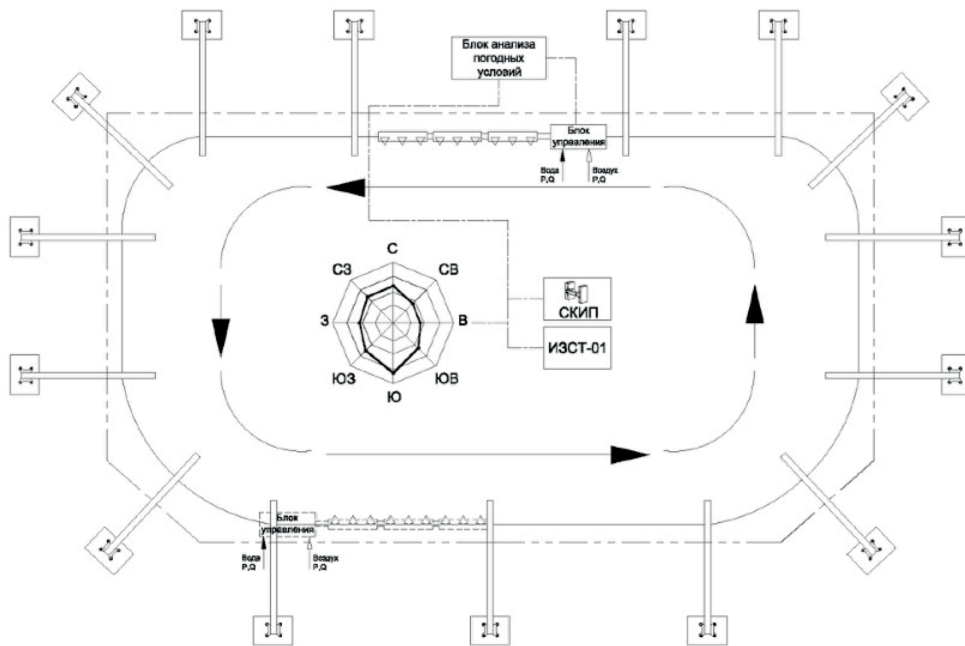


Рисунок 6 – Пример принципиальной схемы подвесной передвижной системы ПГО для орошения противопылевого экрана
Figure 6 – An example of a schematic diagram of a pendant mobile system of PHS for irrigation of a dust shield

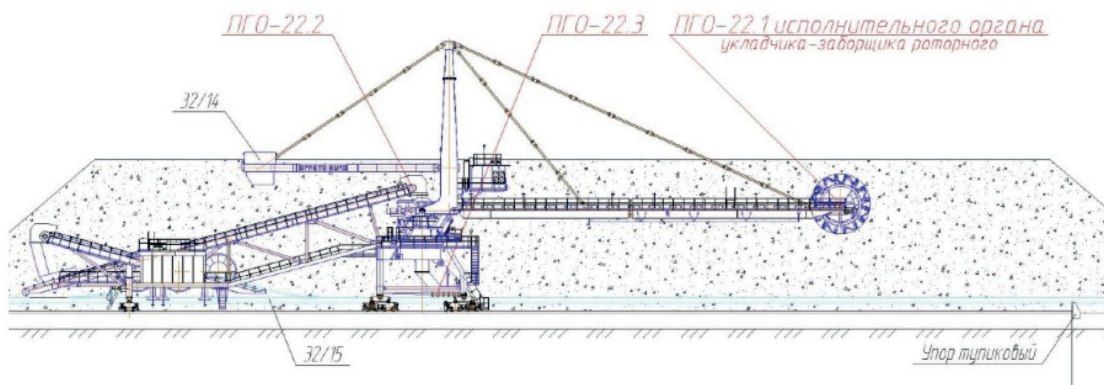


Рисунок 7 – Места установки системы ПГО на роторный укладчик-заборщик
Figure 7 – Places for installing the PHS system on the rotary stacker-fence

соль передвигается по рельсовому пути (рис. 4).

Вариант 2

Открытые места хранения угля возможно орошать с помощью двух стационарных установок пылеподавления с возможностью дистанционного управления со способностью охватывать значительные площади штабелей (рис. 5).

Также предлагается орошать «ветровой барьер» (рис. 6), исполнительный орган с ленточным конвейером роторного укладчика-заборщика (рис. 7) и зону пересыпки.

ПГО устанавливается на подвесном рельсовом пути параллельно экрану. Для экономии ресурсов система работает локально (передвигается к месту интенсивного пыления) в зависимости от направления ветра.

Альтернативой подвесному рельсовому пути может служить наземный рельсовый путь. В таком случае блок форсунок с системой управления монтируется на продольной консоли или раме, а перемещение осуществляется по рельсовым путям.

ПГО может быть исполнено в виде блока с форсунками, установленном на исполнительном органе роторного укладчика-заборщика, с направленным факелом орошения в зону пересыпа угля.

По второму варианту предлагается орошать и золошлакоотвалы. Стационарно установленные блоки форсунок с приборами контроля запыленности атмосферы типа ИЗСТ-01 могут включаться при превышении запыленности в определенной зоне.

Оригинальная конструкция систем позволяет создавать равномерный воздушный туман, поглощая угольную пыль и препятствуя её дальнейшему распространению.

На открытом складе топлива, в системе ПГО, в качестве профилактических мер для предотвращения самовозгорания, в результате окисления кислородом, предлагается применять воду исключительно совместно с антипирогенными составами.

Преимуществом использования дозаторов в совокупности с системой ПГО является равномерное смачивание антипирогеном по всей площади защищаемой поверхности угольного обнажения. После каждого продолжительного периода дождей (более 3 – 5 дней) обновление защитной пленки антипирогена можно осуществить, управляя системой ПГО дистанционно.

В российской практике, в соответствии с действующей нормативной базой РФ, проектной документацией предусматривается применение ряда мер для уменьшения запыленности возду-

ха рабочей зоны. Настоящей статьей предлагается применить систему ПГО на протяжении всего тракта топливоподачи.

Помимо вышесказанного, возможно использование системы ПГО в галереях топливоподачи (рис. 8).

Работа систем ПГО может осуществляться

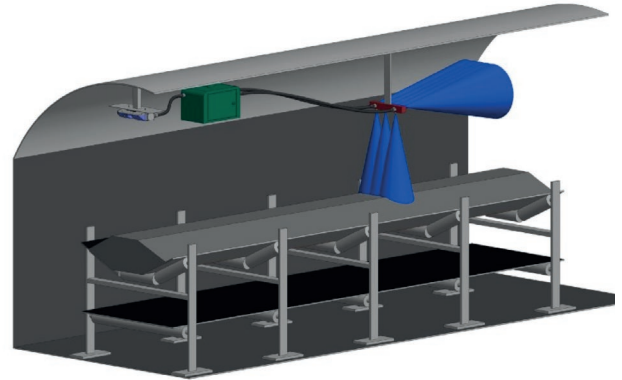


Рисунок 8 – Пример работы системы ПГО в галерее топливоподачи
Figure 8 – An example of the PHS system in the fuel supply gallery

в автоматическом и дистанционном режимах.

Контроль концентрации пыли в атмосфере может осуществляться с помощью датчика измерения запыленности ИЗСТ-01 производства ООО «Горный-ЦОТ» (рис. 9) [6].

На открытых площадках контроль орошения осуществляется с помощью автоматических блоков с возможностью оценки погодных условий, в том числе с помощью прибора СКИП (система контроля интенсивности пылеотложения), разработанного ООО "Горный-ЦОТ" (рис. 10) [7].

Все сигналы о работе оборудования и параметры систем передаются на пульт диспетчера диспетчерского управления станции.

Диспетчер имеет возможность контролировать следующие параметры работы систем ПГО:

- пуск / остановка оросителей;
- показатели технических характеристик воды и сжатого воздуха;
- показатели технических характеристик запыленности воздуха;
- сигналы об авариях систем ПГО («работает», «не работает»);

В здании разгрузочного устройства может быть предусмотрена блокировка привода вагонопрокидывателя с оборудованием системы ПГО.

Технологические процессы, такие как хранение и транспортирование угля, сопровождаются значительным пылевыделением в атмосферу. Но особое внимание стоит уделять



Рисунок 9 – Измеритель запыленности стационарный ИЗСТ-01
 Figure 9 – Stationary dust measuring instrument IZST-01

открытым угольным площадкам, где происходит взметывание пыли, а также процессы дефляции под действием энергии ветра. Интенсивность такого эффекта зависит от скорости ветра и характеризуется интенсивностью сдувания (ε/c). По данным независимых исследователей интенсивность эффекта ветровой дефляции с открытых площадей, складов на открытых площадках может достигать 25800 ε/c [8], что приводит к увеличению запыленности в 5, 10 и более раз. В связи с этим, запыленность атмосферы таких предприятий, как ТЭС может превышать предельно допустимые концентрации в сотни раз и служить серьезным препятствием в стабильной работе станции и создавать угрозу окружающей среде. Кроме того, загрязнение атмосферы угольной пылью создает реальную опасность роста числа проф. заболеваний таких, как пылевой бронхит, силикоз.

Научный и практический опыт свидетельствует, что борьба с взметыванием пыли под действием энергии ветра должна вестись не только в направлении снижения скорости ветра, но и в направлении поддержания оптимальной влажности угля и ее упрочнения. Как правило, один из самых простых способов увлажнения поверхности - орошение водой, поддерживая определенную влажность верхнего слоя пылящих поверхностей, при которой уровень пылевыделения будет не существенен.

Применяя последние разработки систем орошения с использованием энергии сжатого воздуха и химической промышленности в области пылеподавления, можно добиться реального уменьшения остаточной запыленности атмосферы, вплоть до 98 %, в зависимости от условий, места и объемов транспортирования и хранения.

Испытания системы ПГО доказали её эффективность. Правильная установка и настрой-

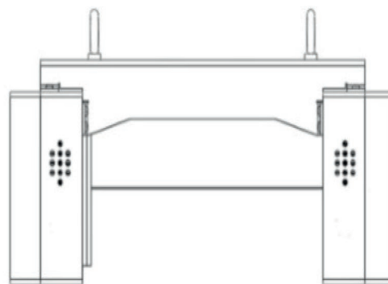


Рисунок 10 – Пример работы системы ПГО в галерее топливоподачи
 Figure 10 – An example of the PHS system in the fuel supply gallery

ка в помещениях, узлах пересыпок и галереях увеличивает эффект пылеподавления до 98 %, а на открытых площадках до 80 %. В сочетании с существующей установкой «Ветровой барьер» эффективность системы ПГО на открытых площадках может достигать 90 %.

Выводы

На сегодняшний день на угольных тепловых электростанциях остро стоит проблема пожаро- и взрывобезопасности как технологического процесса хранения и транспортировки угля, так и в целом самого объекта, заключающаяся в предотвращении пожаров и взрывов по причине самовозгорания угольной пыли, а активное пыление угольных складов пагубно влияет на экологическую обстановку вокруг территорий электростанций.

Современной нормативно-технической базой предусматриваются ряд мероприятий для уменьшения запыленности, которые не дают нужного эффекта.

Применение автоматизированных систем контроля запыленности и борьбы с пылью на базе системы ПГО позволит существенно повысить уровень промышленной безопасности угольных станций, а также улучшить экологическую обстановку вокруг ТЭС.

Но для активного внедрения подобных систем в производственный цикл, необходимо пересмотреть нормативную базу в области правил эксплуатации тепловых электростанций.

Для дальнейшей разработки решений в области автоматического непрерывного контроля концентрации пыли и борьбы с запыленностью на тепловых электростанциях необходимо провести анализ нормативной базы в целях выработки рекомендаций по ее улучшению в соответствии с новыми предлагаемыми техническими решениями и научными разработками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Структура электроэнергетики в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nnhpe.spbstu.ru/struktura-elektroenergetiki-v-rossii/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. На Рязанской ГРЭС прогремел взрыв [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ntv.ru/novosti/1932426/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Аварии на тепловых электростанциях, приведшие к крупным перебоям электроснабжения. Досье [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tass.ru/info/4607841>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Христофоров, А. А. Способы и средства борьбы с пылью и контроля концентрации пыли в атмосфере угольных терминалов морских портов с использованием последних достижений в области автоматизации и пылеподавления / А. А. Христофоров, Д. А. Кузнецов, И. А. Артюшин. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2017. – 3. – С. 57-67. doi 10.26631/arc3-2017-57-67
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/249892/, свободный. – Загл. с экрана.
6. Измеритель запыленности стационарный ИЗСТ-01 ООО "Горный-ЦОТ" [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://indsafe.ru/izst.html>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Патент РФ № RU2608009, 11.08.2015. Трубицына Д.А., Трубицын А.А., Пинчук Н.П., Ворошилов Я.С. Способ определения интенсивности пылеотложения и устройство для его осуществления
8. Предотвращение пылевыведения в атмосферу разрезов при ветровой эрозии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://kalugatechnadzor.ru/analitika/313-predotvrashhenie-pylevydeleniya-v-atmosferu-razrezov-pri-etrovoj-erozii>, свободный. – Загл. с экрана.

REFERENCES

1. Struktura elektroenergetiki v Rossii [Structure of the electric power industry in Russia]. *Nnhpe.spbstu.ru* Retrieved from: <http://nnhpe.spbstu.ru/struktura-elektroenergetiki-v-rossii/> [in Russian].
2. Na Riazanskoj GRES progremel vzryv [Explosion at the Ryazan GRES]. *Ntv.ru*. Retrieved from: <http://www.ntv.ru/novosti/1932426> [in Russian].
3. Avarii na teplovykh elektrostantsiiakh, privedshii k krupnym pereboiam elektrosnabzheniia. Dosie [Accidents at thermal power plants, which led to major power outages. Dossier]. *Tass.ru* Retrieved from: <http://tass.ru/info/4607841> [in Russian].
4. Khristoforov, A.A., Kuznetsov, D.A., & Artiushina, I.A. (2017). Sposoby i sredstva borby s pyliu i kontrolya koncentratsii pyli v atmosfere ugolnykh terminalov morskikh portov s ispolzovaniem poslednikh dostizhenii v oblasti avtomatizatsii i pylepodavleniia [Methods and means of dust supression and controlling dust concentration in the atmosphere of seaports coal terminals using the latest achievements in the field of automation and dust suppression]. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center*, 3, 57-67 [in Russian]. doi 10.26631/arc3-2017-57-67
5. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Sanitarno-zashchitnye zony i sanitarnaya klassifikatsiia predpriatii, sooruzhenii i inykh obektov. Novaya redaktsiya [SanPiN 2.2.1 / 2.1.1.1200-03 "Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other objects. New edition"]. *ohranatruda.ru* Retrieved from: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/249892/ [in Russian].
6. Izmeritel zapylenosti statsionarny IZST-01 ООО "Gorny COT" [Dust measuring instrument stationary]. *Indsafe.ru* Retrieved from: <http://indsafe.ru/izst.html> [in Russian].
7. Trubitsyna, D., Trubitsyn, A., Pinchuk, N. and Voroshilov, Y. (2015). Sposob opredeleniya intensivnosti pyleotlozheniya i ustroystvo dlya yego osushchestvleniya [Method for determining the intensity of the dust deposition and the device for its implementation]. RU2608009.
8. Predotvrashchenie pylevydeleniya v atmosferu razrezov pri vetrovoj erozii [Prevention of dust emission into the atmosphere of open pit mine with wind erosion]. *Kalugatechnadzor.ru* Retrieved from: <http://kalugatechnadzor.ru/analitika/313-predotvrashhenie-pylevydeleniya-v-atmosferu-razrezov-pri-etrovoj-erozii> [in Russian].

IV. ПРОБЛЕМЫ И СУЖДЕНИЯ IV. PROBLEMS AND OPINIONS



■ С. В. Бычков // S.V. Bychkov
serguei58@rambler.ru

■ горный инженер, Канада, Ванкувер
mining engineer, Vancouver, Canada

УДК 550.34: 551.2: 537.86

КРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СТАТЬИ «МАГНИТОПЛАСТИЧНОСТЬ И ФИЗИКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ. МОЖНО ЛИ ПРЕДОТВРАТИТЬ КАТАСТРОФУ?» CRITICAL REVIEW OF THE ARTICLE «MAGNETOPLASTICITY AND THE PHYSICS OF EARTHQUAKES. IS IT POSSIBLE TO PREVENT A CATASTROPHE»

В журнале [1] напечатана статья А. Л. Бучаченко, посвященная решению проблемы прогноза и предотвращения землетрясений в свете явления магнитоупругости. По гипотезе автора статьи, магнитоупругость является возможным источником землетрясений, и через это физическое явление можно управлять ходом подземных толчков, ослабляя их энергию до приемлемого уровня, тем самым предотвращая катастрофические разрушения населенных пунктов. В обзорной статье отмечается оригинальность идеи явления магнитоупругости применительно к горному массиву и вместе с тем дается анализ слабых сторон данной идеи, вытекающих из следования автором ошибочной гипотезе старой школы геофизиков и сейсмологов. Исследователи старой школы считают, что деформационная энергия землетрясений постепенно, в течение длительного периода времени, измеряемого годами и столетиями, накапливается в горном массиве в процессе его деформации, вызванной движением плит (блоков) Земли с последующим выбросом колоссального количества энергии за короткий промежуток времени, измеряемый секундами и минутами. Помимо этого, объясняя суть катастрофического разрушения горного массива вследствие явления магнитоупругости, автор не приводит убедительного источника возникновения магнитного поля, необходимого для генерации данного явления, что, по сути, переводит магнитоупругость из предполагаемого источника землетрясений в одно из его возможных следствий, которое очень хорошо согласуется с гипотезой деформационного взрыва горных пород [2, 5].

In the magazine [1] an article by A.L. Buchachenko was published, devoted to solving the problem of earthquakes forecasting and preventing in the light of magnetoplasticity phenomenon. According to the author's hypothesis, magnetoplasticity is a possible source of earthquakes, and through this physical phenomenon it is possible to control the course of shocks, weakening their energy to an acceptable level, thereby preventing catastrophic destruction of settlements.

In the article reviewed, the magnetoplasticity phenomenon idea originality with reference to the rock mass is noted and at the same time an analysis of this idea weak points is given, resulting from the author following the erroneous hypothesis of geophysicists and seismologists old school. Researchers of the old school believe that earthquakes' deformation energy gradually, over a long period of time, measured by years and centuries, accumulates in the rock massif in the course of its deformation caused by the Earth plates (blocks) movement with subsequent emission of a colossal amount of energy in a short period of time, seconds and minutes.

In addition, explaining the essence of the rock massif catastrophic destruction due to the magnetoplasticity phenomenon, the author does not give a convincing source of the magnetic field origin that is necessary for this phenomenon generation, which, in fact, transfers the magnetoplasticity from the alleged source of earthquakes into one of its possible consequences, which agrees very well with the mine rocks deformation explosion hypothesis [2, 5].

Ключевые слова: МАГНИТОПЛАСТИЧНОСТЬ, ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ, ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС, ГОРНЫЙ УДАР, ДЕФОРМАЦИОННЫЙ ВЗРЫВ ГОРНЫХ ПОРОД, ЭЛЕКТРОН, ЗАРЯД, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ.

Key words: MAGNETOPLASTICITY, EARTHQUAKE, SUDDEN OUTBURST, ROCK SHOCK, MINE ROCK DEFORMATION EXPLOSION, ELECTRON, CHARGE, MAGNETIC FIELD.

Теоретическая часть

Физическое явление изменения свойств материала, помещённого в магнитное поле, названное магнитопластичность [3, 4], открыло новые направления и возможности не только в материаловедении, но и породило предположение, что магнитопластичность напрямую причастна к катастрофическим процессам разрушения горного массива. Это в свою очередь позволило автору обсуждаемой статьи и целому ряду учёных высказать идею о том, что магнитопластичность является движущей силой подземных толчков и через управление процессом магнитопластичности горного массива можно наконец-то обуздать подземную стихию и даже (!) создать климатическое оружие. Для исследователей подземных толчков в который раз открылись перспективы решить задачу, не дающую покоя человечеству не одну тысячу лет. Применительно к исследованиям процессов землетрясений, внезапных выбросов и горных ударов такое уже случалось не раз, но, к сожалению, воз и *ныне там*. Последним показательным примером такого положения было исследование газовых гидратов, некоторые свойства которых подавали хорошие надежды разрешить проблему катастрофического разрушения горного массива, но и это направление исследований в очередной раз не оправдало надежд геофизиков, сейсмологов и горных инженеров. Но дело даже не в том, что какой-то процесс или физическое явление в очередной раз оказывается несостоятельным в плане решения проблемы землетрясений, внезапных выбросов и горных ударов, дело в огромной инерционности мышления, которое не позволяет отвести старую, давно изжившую себя гипотезу генерации подземных толчков движением подземных плит (блоков). За примерами такой инертности далеко ходить не надо. Вот как описывает автор обсуждаемой статьи своё видение процесса землетрясения: * Очаг землетрясения – это гигантский физико-механический и механохимический макрореактор, *жизнь*и события в котором определяются двумя конкурирующими процессами: накоплением энергии за счёт деформирующих сил (деформационная энергетическая накачка) и релаксацией этой энергии через катастрофический сдвиг, скольжение одних участков земной коры относительно других,

именно этот сдвиг приносит неисчислимые бедствия*. Прочитав такое определение, на ум сразу приходят слова Иисуса Христа: *И никто не вливает молодого вина в мехи ветхие...*. Удивительно, но идея движения подземных плит, как источник землетрясений (старые мехи), была рождена в 1910 году и осталась жива до сих пор, хотя многочисленные приверженцы этой идеи не могут ответить на простой вопрос: при морозобойных землетрясениях [7] о каких движениях плит (блоков) мы говорим? Или морозобойные землетрясения это совсем не землетрясения? И при других видах подземных толчков возникает подобный вопрос, который ставит гипотезу возникновения землетрясений в зависимости от движения и скольжения участков земной коры в такой разряд анахронизма, что идея возникновения землетрясений от движения и скольжения плит может конкурировать с идеей движения солнца вокруг Земли в докоперниковские времена. Давайте, к примеру, разберём механику обваловых землетрясений, которые часто происходят после схода лавин. Если рассуждать о причинах этого типа землетрясения с позиции движения плит горного массива, то выходит, что динамическая нагрузка от действия лавины сдвинула плиты (блоки) земной коры, которые со скольжением переместились в какой-то плоскости скольжения: то ли ближе к поверхности, то ли в пике ушли ещё глубже к ядру Земли, то ли с креном переместились влево или вправо, высвободив при своём скольжении деформационную энергию, которую горный массив этой местности почему-то копил последнюю сотню или тысячу лет. Странно, не правда ли? Куда и как плиты могут двигаться, если они находятся в массиве, где нет пустых полостей скольжения, и массив ежесекундно находится под действием равновеликого объёмного давления, определяемого глубиной залегания? Очевидно, что горный массив какого-то отдельного района может сдвигаться только целиком, и то только в одном случае, если произойдёт взрыв в горном массиве. Также очевидно, что в теории тектонических землетрясений нарушена причинно-следственная связь и подвижки земной коры являются следствием, а не причиной землетрясений. Тут мы вплотную подошли ко второй части заблуждений, изложенных в статье уважаемым автором, которая вытекает из мифа происхождения

землетрясений от движения тектонических плит. Откуда берётся энергетическая накачка горного массива и каков физический механизм её накопления? Как работает природный аккумулятор деформационной энергии? Поборники мифа тектонического процесса землетрясений, как и автор обсуждаемой статьи, утверждают: * Земная кора не является ни абсолютно упругим, ни абсолютно пластическим телом – и в ней западается упругая энергия, в ней запаздывание между деформационной накачкой энергии и её катастрофическим высвобождением (землетрясением) достигает нескольких лет, а иногда столетий*. Так ли это на самом деле? Согласно прочностным характеристикам горных пород, кварц является одной из прочнейших пород с пределом прочности на сжатие около 500 Мпа ($1 \text{ МПа} = 10.2 \text{ кгс/см}^2$). Возникает закономерный вопрос: как можно соотносить порог разрушения прочного кварца с давлениями в горном массиве в месте соприкосновения плит достигающего величин нескольких ГПа (давление образования алмазов), то есть величин в миллионы раз больше предельного порога разрушения любой породы? В момент контакта поверхности соприкосновения тектонических плит будут мгновенно превращены в молекулярные обломки пород с выделением и рассеиванием энергии деформации в виде тепла и энергии процесса метаморфизма пород, который вызовет глубокие изменения в структуре окружающих пород. Под воздействием давления контактируемых поверхностей на фоне разрушения слоев горных пород будет происходить их кристаллизация и перекристаллизация с последующим накоплением в зоне контакта этого вновь и вновь новообразующегося материала в течение длительных геологических периодов. Процесс непрерывного накопления метаморфических пород в зоне контакта плит даст старт процессу деформационного пучения земной коры (процесс горообразования) и последующим тектогенезом — процессом пластической деформации слоёв горного массива без нарушения их сплошности, приводящему к возникновению в горном массиве изгибов разного масштаба и формы (например, различного рода складки, волнистость, синклиналь, антиклиналь). То есть, говоря о движении и столкновении тектонических плит или отдельных блоков земной коры, как источнике землетрясений, мы ни в коем случае не можем говорить об упругих деформациях, возникающих при их перемещении, и тем более говорить о накоплении деформационной энергии, ибо при высокоэнергетическом взаимодействии тектонических плит и

блоков горного массива все деформации являются пластическими, и большая часть механической энергии этих деформаций почти мгновенно рассеивается. А вот если мы будем говорить про вторую часть механической энергии пластической деформаций горного массива, то она, согласно гипотезе Деформационного взрыва, консервируется в деформируемой породе и может сохраняться в массиве бесконечно долгое время, пока массив находится в равновесии. Хотелось особо подчеркнуть, что энергия именно консервируется, а не накапливается с течением времени. Что же это за энергия и как она сохраняется миллионы лет? Как мы знаем из физики, деформация представляет собой результат изменения межатомных расстояний и перегруппировки атомов, то есть происходит изменение величин межатомных сил, мерой которой является механическое напряжение. В основе упругих деформаций лежат обратимые смещения атомов тела от исходного положения равновесия. В основе пластических деформаций — необратимые перемещения атомов от исходных положений равновесия и обратимые перемещения электронов от их стационарных (природных орбит). Именно обратимые смещения электронов от природных орбит при пластической деформации горного массива есть источник землетрясений. Этот важный момент мы опишем чуть позже, а пока постараемся определить, откуда автор обсуждаемой статьи берёт основную движущую силу процесса Магнитопластичности в горном массиве. Согласно автору: * Магнитное поле производит спиновую конверсию нанореактора из короткоживущего синглетного состояния S в триплетное долгоживущее состояние T , из которого обратный перенос электрона запрещён по спину. Это означает, что магнитное поле освобождает дислокацию от кулоновского притяжения и увеличивает время жизни состояния с *выключенным кулоном*, то есть увеличивается вероятность депиннинга*. Для горного массива это означает, что при наведении в нём магнитного поля в породе возрастает пробег дислокаций с последующим её катастрофическим разрушением. Это хорошо подтверждено экспериментально и наглядно отражено в статье формулой, поясняющей суть процесса. Но возникает справедливый вопрос: откуда в горном массиве возьмётся магнитное поле, способное запустить процесс Магнитопластичности? Если это магнитное поле Земли, то процесс Магнитопластичности земной коры и землетрясений должны идти непрерывно со дня образования магнитного поля Земли. А это, как мы знаем, не так. Если это маг-

нитные поля различных аномалий, то в этих местах землетрясения также должны идти чуть не каждый день или неделю. Что тоже неверно. Возможно, это какое-то наведённое магнитное поле? Возможно. Но автор критикуемой статьи не привёл источника его возникновения. В любом случае, Магнитопластичность не может быть источником землетрясений, ибо этот процесс зависит от другого явления (магнитного поля), и, следовательно, это следствие, а не причина. А вот идея автора сравнить кинетику процесса Магнитопластичности с кинетическими особенностями цепных химических и ядерных реакций, заслуживает пристального внимания. По сути, дислокация в момент обмена электронами со стопором превращается в своеобразный свободный радикал, или в нейтрон при ядерной реакции, столь необходимые для старта цепных реакций, а спиновой запрет возврата электрона со стопора на дислокацию под действием магнитного поля – это своеобразный детонатор процесса Магнитопластичности. То есть, зная кинематику цепных реакций, мы можем утверждать, что на практике процесс Магнитопластичности должен иметь огромные скорости прохождения деформаций, которые принимают вид катастрофических разрушений горного массива, что мы и наблюдаем при землетрясениях и динамических проявлениях в шахтах. Основной задачей критикуемой статьи автор видит задачу в решении проблемы прогноза и предотвращения землетрясений. Автор утверждает: *Очаг землетрясения является чувствительной, уязвимой по отношению к внешним воздействиям системой, и на него можно влиять и даже искать пути стимулирования сброса энергии малыми дозами, не доводя очаг до катастрофы*. Мы полностью согласны с этим высказыванием, ибо наведённые землетрясения совершенно и однозначно подтверждают этот вывод. Действительно, если практические наблюдения указывают на то, что очаг землетрясений очень чувствителен к различным факторам, то почему не использовать эти факторы? В статье автор приводит пример с МГД генератором, которым в опытах стимулировали сброс энергии горного массива. На наш взгляд, это не очень удачный пример. Во-первых, в настоящее время МГД генераторы мало подходят для таких целей ввиду их конструктивных недостатков [6], а во-вторых, за многие годы исследований никаких прорывных результатов получено не было. Это понятно, ибо каждое из землетрясений отягощено множеством вариаций и особенностей, таких как: геологическое строение горного массива,

гидрогеология, минералогия, газоносность, глубина, поверхностный рельеф и ещё много различных факторов, и ожидать, что с помощью одних МГД генераторов можно решить задачу предотвращения землетрясений, это наивно. Плюс к этому, чтобы что-то предпринять в решении проблемы разрядки горного массива, нам необходимо ответить на главный и определяющий причину землетрясений вопрос: откуда берётся энергия подземных толчков? Только ответив на этот вопрос, мы сможем найти пути и способы нейтрализации подземной стихии. Давайте вернёмся немного назад и рассмотрим вторую составляющую энергии пластической деформации горного массива. Как мы написали выше, именно обратимые перемещения электронов от природных орбит ближе к атомам и обратно (сжатие и разжимание электронного облака) при действии пластической деформации горного массива есть источник землетрясений*. Вкратце рассмотрим гипотезу Деформационного взрыва [5], объясняющую образование энергии землетрясений и заодно выясним, как идея Магнитопластичности соотносится с этой гипотезой. Так как в процессе тектогенеза горное давление миллионы лет сдавливало электронные оболочки атомов породы и растворённых в ней газов, то в результате этого электронные оболочки атомов уменьшились в размере пропорционально сжатию, и вся энергия сжатия породы горного массива перешла в потенциальную энергию электронных оболочек. Плюс к этому, молекулы газов, растворённые в породе, внедрились в кристаллические решётки молекул породы, где *успокоились* в виде твёрдого раствора, создав с энергией электронных оболочек высокоэнергичные зоны будущих очагов землетрясений, горных ударов и внезапных выбросов. Эта законсервированная энергия только ждёт случая, чтобы высвободиться от *пут* горного давления и *выскочить* из кристаллических решёток породы массива, как джин из бутылки. Теперь в этой зоне в случае инициирования процесса резким изменением горного давления начнётся выделение энергии электронных облаков, цепная химическая реакция образования свободных радикалов газов, и произойдёт Деформационный взрыв. Технически это будет выглядеть так: при потере устойчивости какого-то участка горного массива (при резком изменении горного давления) в какой-то части земной коры происходит изменение размеров атомов деформированных пород, а значит, электроны приходят в движение и начинают с ускорением, по спирали отдаляться от атома. Силой, которая *гонит их прочь,* яв-

ляется сила, возникшая как производная от силы объёмного сжатия массива. Эта сила, как сжатая пружина, постарается отодвинуть электроны на положенную им орбиту, которые они имели до деформационной нагрузки, то есть в массиве возникнет электрический ток. Так как движение электронов будет происходить с ускорением, то сила тока будет меняться. Вокруг заряда возникнут электрические и магнитные поля. В результате изменения силы тока произойдёт изменение магнитного поля, что повлечёт за собой появление тока самоиндукции, который в противовес кулоновской силы, пытающейся удерживать электроны на орбите, станет отрывать электроны от атомов. Если у молекул газов, находящихся в кристаллической решётке породы в твёрдом растворе, ток самоиндукции оторвёт электроны и им хватит энергии уйти от ядра атома, то возникнут свободные радикалы, которые запустят цепную химическую реакцию. Газ из твёрдого раствора начнёт переходить в свободное состояние и покидать места, занимаемые им в кристаллической решётке породы. Кристаллические решётки начнут принимать первоначальную форму, которую они имели до деформации, в результате чего выделится потенциальная энергия, затраченная горным массивом на сжатие пород. В результате этого обязательно возникнет магнитоупругий эффект Виллари. Но так как при движении заряда возникнет магнитное поле, то возникнет явление обратное эффекту Виллари - явление Магнитострикции. Эти два эффекта начнут *раскачивать* горный массив, то сжимая его, то разжимая. Плюс к этому, так как в горном массиве появилось магнитное поле, столь необходимое для проявления эффекта Магнитопластичности, то в тот же самый момент в горном массиве возможно проявление этого эффекта и вполне возможно всё произойдёт, как описано автором в критикуемой статье: *В местах концентрации дислокаций нарушится структурная регулярность межатомных контактов, зародятся и начнут расти трещины уже в дислокационном упрочнённом материале, произойдёт множественное растрескивание, появится лидерная трещина и геоморфологический разлом, как финальный итог катастрофы*. Явлениями Магнито-

стрикции и Магнитопластичности можно объяснить хорошо известные предваряющие внезапные выбросы, шелушение забоя в шахтах, стреляние забоя кусочками породы, шумы, нарастание газовыделения, потрескивание и другие подобные явления; как и гул при землетрясениях, напоминающий шум танковой колонны или огромного роя пчёл, он ничем не будет отличаться от гула, издаваемого мощным трансформатором, который гудит именно по причине сжатия – растяжения сердечника трансформатора. Следом произойдёт Деформационный взрыв.

Заключение:

Как мы видим из приведённого анализа, Магнитопластичность не может быть причиной землетрясений, а возможно, является одним из следствий появления в горном массиве электрического заряда. К тому же возникают большие сомнения, что, стимулируя подвижку земной коры только процессом Магнитопластичности, можно регулировать мощность подземных толчков, ибо каждая сейсмическая ситуация отягощена множеством вариаций и особенностей горного массива и в каждом конкретном случае возможны различные варианты воздействия на горный массив. Со всей очевидностью становится ясно, что столь сложная задача может быть решена только комплексом мер и Магнитопластичность лишь один из возможных механизмов решения этой задачи. Как показывает анализ статьи, физическое явление Магнитопластичности органически переплетается с гипотезой Деформационного взрыва пород и реалистично её дополняет, что указывает на универсальность этой гипотезы применительно ко всем видам землетрясений. Мы категорически поддерживаем идею автора относительно возможности воздействия на очаг землетрясения и считаем, что этот путь заслуживает пристального внимания со стороны исследователей. Как правильно заметил автор критикуемой статьи, что независимо от того, как будет принята его научная концепция, чтобы снизить риск опасных землетрясений, надо наращивать знания в области прогноза землетрясений и искать пути медленной релаксации энергии подземных толчков.

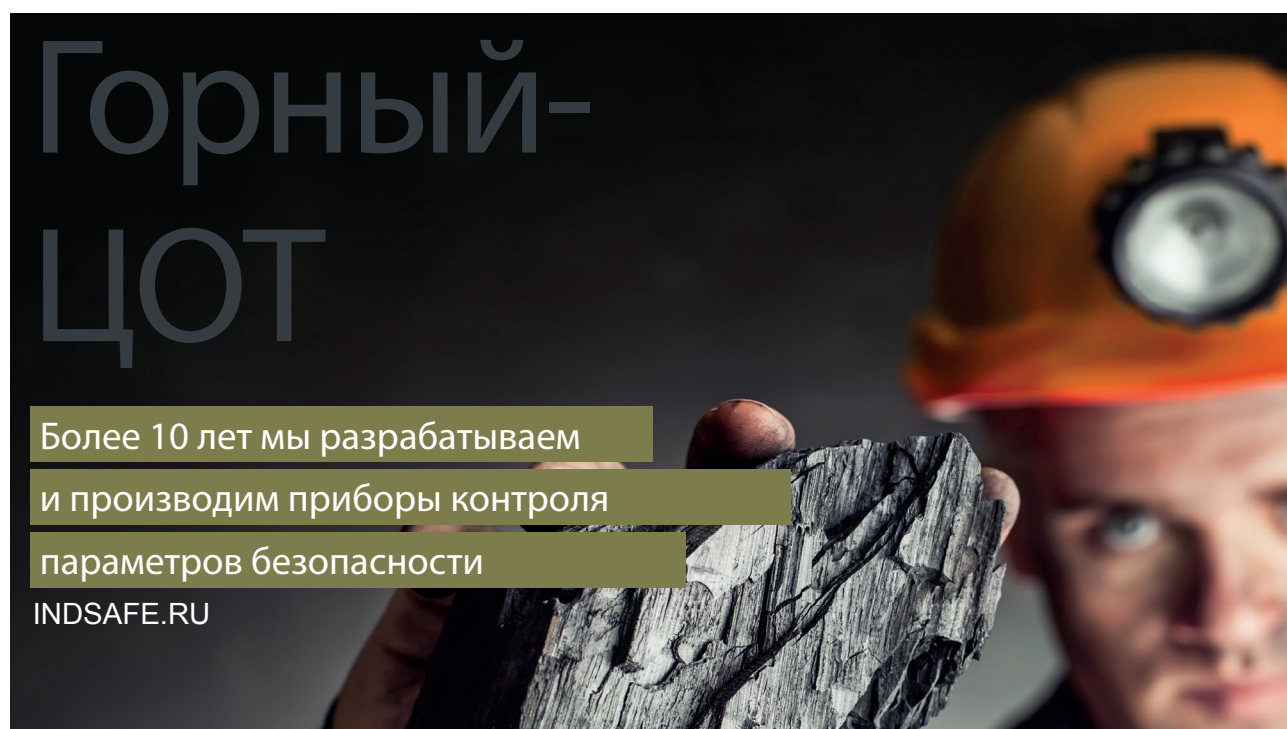
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бучаченко А. Л. Магнитопластичность и физика землетрясений. Можно ли предотвратить катастрофу? // Успехи физических наук. 2014. Т. 184. № 1. С. 101–108.
2. Бычков С. В. Движение электрического заряда, цепная химическая реакция, магнитострикция как источники землетрясений и внезапных выбросов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2017. № 2. С. 107–115.
3. Скворцов А. Магия вне Хогварста, или что скрывают диамагнетики. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=YdM3OGwM5rg>

4. Бучаченко А. Л. Микроволновое стимулирование пластичности в очаге землетрясений // Химическая физика. 2010. Т. 29. № 9. С. 9–12.
5. Бычков С. В. Химические реакции в процессе землетрясений. Взрывы пород горного массива как источник толчков, внезапных выбросов и горных ударов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 4. С. 36–47.
6. Когда генераторы МГД станут реальностью? Режим доступа: <http://elektrik.info/main/fakty/692-kogda-stantut-realnostyu-plazmennye-generatory-elektrichestva.html>
7. Никонов А.А. Морозобойные сотрясения как особый класс сейсмических явлений (по материалам Восточно-Европейской платформы) // Физика Земли. 2010. № 3. С. 257–273.

REFERENCES

1. Buchachenko, A.L. (2014). Magnitoplastichnost i fizika zemletriasenii. Mozhno li predotvratit katastrofu? [Magnetoplasticity and physics of earthquakes. Is it possible to prevent a catastrophe?]. *Uspekhi fizicheskikh nauk - Successes of physical sciences*, 184, 1, 101-108 [in Russian].
2. Bychkov, S.V. (2017). Dvizheniie elektricheskogo zariada, tsepnaia khimicheskaiia reaktsiia, magnitostriksiia kak istochniki zemletriasenii i vnezapnykh vybrosov [Electric charge movement, chain chemical reaction, magnetostriction as sources of earthquakes and sudden outbursts]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center*, 2, 107-115 [in Russian].
3. Skvortsov, A. Magiavne Hogvarsta, ili chto skryvaiut diamagnetiki [The magic outside of Hogwarts, or that the diamagnetics conceal]. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=YdM3OGwM5rg> [in Russian].
4. Buchachenko, A.L. (2010). Mikrovolnovoie stimulirovaniie plastichnosti v ochage zemletriasenii [Microwave stimulation of plasticity in the source of earthquakes]. *Khimicheskaiia fizika - Chemical Physics*, 29, 9, 9-12 [in Russian].
5. Bychkov, S.V. (2016). Khimicheskiiie reaktsiie v protsesse zemletriasenii. Vzryvy porod gornogo massiva kak istochnik tolchkov, vnezapnykh vybrosov i gornykh udarov [Chemical reactions in the process of earthquakes. Explosions of rock massif as a source of tremors, sudden outbursts and rock shocks]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center*, 4, 36-47 [in Russian].
6. Kogda generator MGD stanut realnostiu? [When will MHD generators become a reality?]. Retrieved from: <http://elektrik.info/main/fakty/692-kogda-stantut-realnostyu-plazmennye-generatory-elektrichestva.html> [in Russian].
7. Nikonov, A.A. (2010). Morozoboinyie sotriasiieniia kak osoby klass seismicheskikh iavlenii (Po materialam Vostochno-Evropeiskoi platform) [Freezing shock as a special class of seismic phenomena (based on the materials of the East European Platform)]. *Fizika Zemli – Earth Physics*, 3, 257-273 [in Russian].



Горный-
ЦОТ

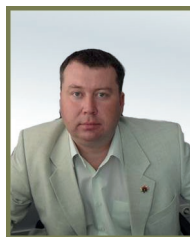
Более 10 лет мы разрабатываем
и производим приборы контроля
параметров безопасности

INDSAFE.RU



О. А. Татарина //
O. A. Tatarinova
TatarinovaOA@yandex.ru

младший научный сотрудник ФГБУН «ФИЦ УУХ СО РАН», Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
junior scientific researcher of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, 650065, Kemerovo, Leningradskii Av., 10



Е. Л. Варфоломеев //
Ye. L. Varfolomeev
kku@icc.kemsc.ru

научный сотрудник ФГБУН «ФИЦ УУХ СО РАН», Россия, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10
scientific researcher of Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, 650065, Kemerovo, Leningradskii Av., 10

УДК 622.275

ВЛИЯНИЕ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО (КОМБИНИРОВАННОГО) СПОСОБА РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

OPEN-UNDERGROUND (COMBINED) COAL DEPOSITS DEVELOPMENT METHOD ENVIRONMENT EFFECT

В Российской Федерации 2017 год объявлен Годом экологии. Актуальность вопросов экологии очевидна для Кемеровской области, особенно если учесть тот факт, что в Кузбассе сосредоточена большая часть угольных предприятий страны. Современные темпы роста добычи угля в Кузбассе с преобладанием открытой угледобычи (64% общего объема добычи) ведут к интенсивному развитию экологической и социальной катастрофы в области. Увеличение доли подземной добычи угля за счет строительства шахт с доработкой запасов разрезов (открыто-подземный способ добычи) позволило бы существенно сократить негативную нагрузку на окружающую среду.

В настоящее время уделяется большое внимание оценке влияния открытых и подземных горных работ на окружающую среду, поэтому актуальным будет рассмотреть экологический ущерб, нанесенный открыто-подземным (комбинированным) способом разработки угольных месторождений.

Проведен анализ влияния экологических факторов открытого и подземного способов и анализ производственного опыта разработки угольных месторождений Кузбасса открыто-подземным способом.

Выявлены негативные экологические факторы для каждого способа из приведенной в статье классификации. Обоснованно, что последовательный открыто-подземный способ для Кузбасса является наиболее приемлемым по сравнению с подземно-открытым способом и одновременной (совместной) разработкой как с экологической, так и с технологической точек зрения. Одновременная разработка открытым и подземным способом требует дальнейшего изучения как для безопасности ведения горных работ, так и для определения влияния его на окружающую среду.

В связи с возросшими требованиями по охране окружающей среды в части полноты извлечения полезных ископаемых из недр применение открыто-подземного способа разработки угольных месторождений становится особенно актуальным.

Abstract. In the Russian Federation, 2017 is declared as the Year of Ecology. The relevance of environmental issues is evident for the Kemerovo region, especially if we take into account the fact that most of the country's coal enterprises are concentrated in the Kuzbass. Current coal production growth rates in the Kuzbass with the prevalence of open coal mining (64% of total production) lead to an intensive development of ecological and social catastrophe in the region. The increase of underground coal mining part by construction of underground mines for the coal reserves final extraction (open-underground mining) would significantly reduce the negative impact on the environment.

Currently, much attention is paid to assessing the impact of open and underground mining on the environment, so it will be relevant to review the environmental damage caused by the open-underground (combined) method of coal deposit development.

The analysis of open and underground methods environmental factors and production experience of Kuzbass coal deposits development by open-underground method influence is carried out.

Negative environmental factors have been identified for each method from the classification cited in the article. It is substantiated that a successive open-underground method for Kuzbass is the most acceptable, in comparison with the underground-open method and simultaneous (joint) development both from an environmental and technological point of view. Simultaneous development by open and underground methods

requires further study to determine the impact on the safety of mining and the environment.

In connection with the increased environmental protection requirements in terms of the completeness of extracting minerals from the depths, the use of an open-underground method for the development of coal deposits becomes especially urgent.

Ключевые слова: ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНЫЙ (КОМБИНИРОВАННЫЙ) СПОСОБ РАЗРАБОТКИ, УГОЛЬНОЕ МЕСТО-РОЖДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, ИНФРАСТРУКТУРА, КЛАССИФИКАЦИЯ, РАЗРЕЗ, ШАХТА.

Key words: OPEN-UNDERGROUND (COMBINED) DEVELOPMENT METHOD, COAL DEPOSIT, ECOLOGY, ENVIRONMENT, INFRASTRUCTURE, CLASSIFICATION, OPENCAST MINE, UNDERGROUND MINE

Для привлечения внимания общества к вопросам экологического развития Российской Федерации, сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности 2017 год в России объявлен Годом экологии [1]. Актуальность вопросов экологии очевидна как для России в целом, так и для Кемеровской области в частности, особенно если учесть тот факт, что в Кузбассе сосредоточена большая часть угольных предприятий страны.

Добыча угля в России за 2016 год составила 385,7 млн т. Подземным способом добыто 104,6 млн т угля, открытым 281,1 млн т. Удельный вес открытого способа в общей добыче составил 72,9% [2]. При этом добыча угля в Кузбассе в 2016 году составила 227 млн т (подземным способом добыто 82 млн т, открытым – 145 млн т) [3]. На долю прогрессивного открытого способа приходится 64 % общего объема добычи угля в Кемеровской области.

Удельное отношение количества вмещающих пород к количеству добытого угля при открытых горных работах составляет 1:10. При подземной добыче угля объем перемещенной породы в тысячу раз меньше, чем при открытых горных работах. В среднем за год перемещается 1400 млн т вмещающих пород. Они представляют собой, как правило, осадочные породы, которые десятками миллионов лет накапливали в себе различные химические элементы и превращались в уголь. Поэтому вмещающие породы содержат в разы больше радиоактивных элементов, токсичных металлов, тяжелых металлов и других элементов, а также их соединения, соли, окислы и т.п., чем угольное вещество. Согласно данным мониторинга, общая площадь нарушенных земель в Кемеровской области составляет 425,9 кв. км. При этом на миллион тонн добываемого угля приходится в среднем 7,28 км² нарушенных земель. Современные темпы роста добычи угля в Кузбассе с преобладанием открытой угледобычи ведут к интенсивному развитию экологической и социальной катастрофы в области [4].

Таким образом, более продуктивный и

безопасный открытый способ наносит весьма заметный ущерб экологии, выражающийся в нарушении поверхности земли и выбросах в больших объемах вредных веществ в атмосферу по сравнению с подземным [5].

Поэтому увеличение доли подземной добычи угля за счет строительства шахт с доработкой запасов разрезов позволило бы существенно сократить негативную нагрузку на окружающую среду.

Добычу угля подземным способом с отработкой пластов на нижележащих горизонтах существующих разрезов или доработкой запасов на недействующих разрезах и открытым способом с доработкой запасов действующих или ликвидированных шахт ученые и производственники «называют» открыто-подземным (комбинированным) способом разработки угольных месторождений.

Специалисты (экологи) уделяют большое внимание оценке влияния открытых и подземных горных работ на окружающую среду, поэтому актуальным будет рассмотреть экологический ущерб, нанесенный открыто-подземным (комбинированным) способом разработки угольных месторождений.

Открыто-подземным (комбинированным) способом разработки угольных месторождений предлагается называть отработку запасов в пределах одного месторождения (горного отвода предприятия) одновременно или последовательно открытым и подземным способами с использованием общей производственной инфраструктуры. Классификация (открыто-подземного) комбинированного способа разработки угольных месторождений по последовательности отработки представлена в таблице.

Примером последовательной открыто-подземной разработки угольных месторождений в Кузбассе служит разрез Моховский УК «Кузбассразрезуголь». В 2003 году на разрезе введен в эксплуатацию подземный шахтоучасток (шахта Байкаимская) на пласте Польшаевский-2, вскрывающие выработки которого пройдены с борта разреза. В 2011 году годовая добыча подземным способом составила 2,4 млн т. Также подземные

Таблица 1. Классификация (открыто-подземного) комбинированного способа разработки угольных месторождений

Наименование способа	Основная характеристика способа	Особенности применения способа
Последовательная открыто-подземная разработка	Разработка месторождения ведется открытым способом, с увеличением глубины возрастает коэффициент вскрыши, при котором дальнейшая эксплуатация месторождения экономически нецелесообразна. Затем переходят на добычу угля нижележащих горизонтов подземным способом путем проходки вскрывающих выработок с борта разреза	Ускоренное строительство и ввод подземного участка в эксплуатацию, создание новых рабочих мест. Снижение негативной нагрузки на окружающую среду за счет перехода на подземные горные работы. Использование имеющейся инфраструктуры разреза во время строительства и эксплуатации подземного участка
Последовательная подземно-открытая разработка	Разработка месторождения ведется подземным способом, в случае возникновения опасности (сложные горно-геологические условия, пожароопасность) для дальнейшего ведения подземных горных работ, а также при увеличении спроса на уголь определенного качества в верхних горизонтах или возврат к неотработанным запасам (в зависимости от конкретных условий) с учетом обязательного технико-экономического обоснования переходят на открытый способ	В населенных пунктах с ликвидированными шахтами возобновление добычи угля открытым способом позволяет создавать новые рабочие места. Увеличение негативного воздействия на окружающую среду за счет перехода на открытые горные работы. Использование имеющейся инфраструктуры шахты во время ведения открытых горных работ
Одновременная (совместная) разработка открытым и подземным способом	Разработка месторождения ведется одновременно открытыми и подземными горными работами, при которых верхние горизонты в пределах горного отвода предприятия до определенной глубины (технико-экономически обоснованной) отрабатывают открытым способом, нижележащие горизонты — подземным	Увеличивается интенсивность отработки месторождения и производственная мощность предприятия по сравнению с последовательными способами. Интенсивность нагрузки на окружающую среду увеличивается, но время её воздействия сокращается по сравнению с последовательными способами. Одновременная разработка является более сложной технологически, что отражается на безопасности ведения горных работ и требует дальнейшего изучения

участки добычи угля были организованы на территории разреза «Ольжерасский», на горном отводе разреза «Сибиргинский» [6].

Примером последовательной подземно-открытой разработки может служить «Разрез Ок-тябринский», созданный в 1998 году на базе участка открытых работ шахты «Красный Кузбасс» [7]. На одном из старейших предприятий Кузбасса – «Шахта № 12» - динамично развивается производственный участок по добыче угля открытым способом. Проектная мощность предприятия составляет *1 млн тонн угля в год*. Балансовые запасы шахты – *76 млн тонн угля* [8].

Одновременно открытым и подземным способом горные работы ведутся на шахте «Распадская-Коксовая». С апреля по сентябрь текущего года на участке открытых горных работ шахты «Распадская-Коксовая» добыто *234 тыс. тонн угля*. По итогам 2017 года планируется добыть более *650 тысяч тонн* [9].

Рассмотрев указанные выше примеры, можно сделать вывод: при применении последовательного открыто-подземного способа разработки в конечном итоге рассматривается влияние ведения подземных горных работ на окружающую среду, но с учетом того, что после окончания ведения открытых горных работ будут выполнены полностью или частично необходимые мероприятия по восстановлению нарушенных земель.

Подземный способ обладает рядом факторов, негативно влияющих на экологическую обстановку, но по сравнению с открытым способом степень его воздействия значительно меньше. Главное достоинство в том, что его применение позволяет сохранить почвенный и растительный покров в первоначальном состоянии по сравнению с открытым способом, но за счет оседания земной поверхности при отработке шахтных полей происходит изменение природного ланд-

шафта. Основное отрицательное воздействие подземных горных работ сказывается на состоянии атмосферы (образование породных отвалов, горящие отвалы с выделением продуктов горения, подземные пожары, выбросы метана) гидрогеологического режима (истощение и загрязнение поверхностных и подземных вод) [10-11].

Применение последовательного подземно-открытого способа оказывает влияние на экологическую обстановку, как и во время ведения традиционных открытых горных работ, но с учетом того, что выполнены технические решения (консервация горных выработок, выходящих на поверхность, рекультивация промплощадок и т.д.), заложенные в проектах ликвидации шахт.

При ведении открытых горных работ в разы увеличивается негативная нагрузка на окружающую среду. В первую очередь возрастает площадь нарушенных земель, уничтожается почвенный и растительный покров, грубо меняется природный ландшафт территории. Размещение отвалов вскрышных пород требует больших площадей, понижается уровень грунтовых вод, атмосфера загрязняется угольной и породной пылью, выхлопными газами техники, повышается шумовой фон. Земли, занятые породными отвалами, изымаются из хозяйственной деятельности на долгий срок, тем самым нет возможности строительства новых предприятий, дорог, использования земель для сельского хозяйства. На угольных разрезах в настоящее время остается востребованным буровзрывной способ разрушения горных пород с негативными проявлениями (ударная воздушная волна, разлет кусков породы, вредные газы, пылеобразование, сейсмическое воздействие на окружающие объекты) [12]. И самое главное – большинство разрезов находятся вблизи населенных пунктов, что очень опасно для жизни и здоровья населения.

Влияние одновременной (совместной) разработки открыто-подземным способом на экологическую обстановку следует рассматривать как совокупность традиционных способов добычи угля (открытого и подземного).

Безусловно, увеличение производственных мощностей предприятий при одновременной (совместной) разработке приведет к более интенсивной негативной нагрузке на окружающую среду по сравнению с последовательными способами. В дальнейшем после завершения ведения горных работ для восстановления экосистемы потребуются привлечение более значительных финансовых ресурсов. Однако остается нерешенным вопрос: сможет ли природа вос-

становиться после такой ускоренной производственной деятельности.

В настоящее время опыт применения в Кузбассе одновременной (совместной) разработки открыто-подземным способом незначителен (участок открытых горных работ на шахте «Распадская-Коксовая») и требует дальнейшего изучения как для безопасности ведения горных работ, так и для определения влияния его на окружающую среду. Кроме этого, существует большая вероятность столкнуться с неблагоприятными экологическими последствиями ведения одновременной разработки в отдаленной перспективе, которые на момент проектирования и разработки месторождения не являлись очевидными.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что из всех приведенных способов в разработанной классификации открыто-подземный способ для Кузбасса является наиболее приемлемым как с экологической, так и с технологической точек зрения. Это позволяет нам уйти от более распространенного открытого способа добычи на подземный, сохранив при этом окружающую среду и здоровье населения.

Открыто-подземная технология разработки угольных месторождений имеет следующие преимущества по сравнению с традиционными способами ведения горных работ:

- повышается полнота извлечения угольных запасов, тем самым увеличивается срок эксплуатации месторождения;
- снижаются затраты на строительство шахт или разрезов при последовательном (комбинированном) способе;
- обеспечивается возможность использования единой инфраструктуры [13];
- сокращается количество разрезов за счет перехода с открытого на подземный способ;
- сохраняется, а при переходе с открытого способа на подземный способ увеличивается количество рабочих мест, что особенно важно для градообразующих предприятий;
- создаются условия разработки новых технологий и техники.

За последние годы, в связи с возросшими требованиями по охране окружающей среды в части полноты извлечения полезных ископаемых из недр [14], применение открыто-подземного способа разработки угольных месторождений становится особенно актуальным. Разработка угольных месторождений рассматриваемым способом обеспечит повышение эффективности использования государственной собственности – недр Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт президента России. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40400/> (дата обращения: 15.10.2017).
2. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2016 года. Составитель Таразанов И.Г. // Уголь . 2017. № 3 С. 36-50.
3. Основные показатели работы угольной промышленности Кузбасса. Кемерово, 2016. № 12. С. 4 -5.
4. Дурнин М.К. Экологические и социально-экономические проблемы угледобычи в Кузбассе // Российский уголь: отраслевой портал. Режим доступа: www.rosugol.ru/news/discussion/index.php?ELEMENT_ID=18894. (дата обращения: 15.10.2017).
5. Федорин В.А., Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю., Варфоломеев Е.Л. Условия, регламентирующие безлюдную технологию разработки угольных пластов с использованием комплекса глубокой разработки пластов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 4. С. 83 – 88.
6. Угольные предприятия ПАО «Мечел»: Торговая интернет-площадка Miner.ru. Режим доступа: <http://www.miner.ru/info/224/>. (дата обращения: 15.10.2017).
7. Официальный сайт АО «Разрез Октябрьский». Режим доступа: <http://rokt.su/>. (дата обращения: 15.10.2017).
8. Официальный сайт ЗАО «Стройсервис». Режим доступа: <https://stroyservis.com/about/companies/detail/8> (дата обращения: 15.10.2017).
9. Официальный сайт ПАО «Распадская». Режим доступа: http://www.raspadskaya.ru/press-center/press_about/?id=384 (дата обращения: 15.10.2017).
10. Новоселов С. В. Проблемы оценки выбросов метана угледобывающими предприятиями Кузбасса и антропогенного загрязнения атмосферы // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей; под общей ред. В.Н. Фрянова. Новокузнецк, 2017. С. 442 – 447.
11. Стрекалов С. В. Сравнительный анализ влияния открытого и подземного способов добычи угля на экологические и социально-экономические аспекты в угледобывающих регионах // Евразийский союз ученых. 2015. №. 11-4. С. 112-115.
12. Машуков И.В. Снижение отрицательного воздействия массовых взрывов при открытых горных работах на прилегающие территории // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей; под общей ред. В.Н. Фрянова Новокузнецк, 2017. С. 434 – 438.
13. Татаринова О.А. Инфраструктурный подход к освоению Терсинского геолого-экономического района // Вестник КузГТУ. 2013. № 6. С. 70 – 72.
14. Варфоломеев Е. Л. Инновационное решение короткозабойной технологии добычи угля, направленное на повышение полноты извлечения и эффективности отработки угольных пластов подземным способом // Рациональное освоение недр. 2011. №. 4. С. 14-18.

REFERENCES

1. Ofitsialny sait prezidenta Rossii – The Russian President official site. Retrieved from : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40400/> 15.10.2017 [in Russian].
2. Tarazanoz, I.G. (2017). Itogi raboty ugolnoi promyshlennosti Rossii za ianvar-dekabr 2016 goda [The work results of Russian coal industry in January-December 2016]. *Ugol – Coal*, 3, 36-50 [in Russian].
3. *Osnovnyie pokazateli raboty ugolnoi promyshlennosti Kuzbassa [The main performance indicators of Kuzbass coal industry]*. (2016). Kemerovo. 12, 4-5 [in Russian].
4. Durnin, M.K. (2017). Ekologicheskie i sotsialno-ehkonomicheskie problemy ugledobychi v Kuzbasse [Ecological and socio-economic problems of coal mining in Kuzbass]. *Rossiiski ugol: otraslevoi portal - Russian coal: branch portal*. Retrieved from : www.rosugol.ru/news/discussion/index.php?ELEMENT_ID=18894 [in Russian].
5. Fedorin, V.A., Shakhmatov, V.Ya., Mikhailov, A.Yu., & Varfolomeev, Ye.L. (2016). Usloviya, reglamentiruyushchie bezlyudnyu tekhnologiyu razrabotki ugolnyh plastov s ispolzovaniem kompleksa glubokoj razrabotki plastov]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center*, 4, 83-88 [in Russian].
6. Ugolnyie predpriatia PAO “Mechel”, Torgovaia internet-ploshchadka Miner.ru [PAO “Mechel” coal enterprises: Trading Internet platform Miner.ru]. Retrieved from : <http://rokt.su/>. 15.10.2017 [in Russian].
7. Ofitsialny sait AO “Razrez Oktiabrinskiy” [Official site of AO “Razrez Oktiabrinskiy”]. Retrieved from : <http://rokt.su/>. 15.10.2017 [in Russian].
8. Ofitsialny sait ZAO “Stroiservis” [Official site of ZAO “Stroiservis”]. Retrieved from : <https://stroyservis.com/about/companies/detail/8>. 15.10.2017 [in Russian].
9. Ofitsialny sait PAO “Raspadskaya” [Official site of PAO “Raspadskaya”] Retrieved from : http://www.raspadskaya.ru/press-center/press_about/?id=384. 15.10.2017 [in Russian].
10. Novoselov, S.V. (2017). Problemy otsenki vybrosov metana ugledobyvayushchimi predpriyatiyami Kuzbassa i antropogennoy zagryazneniya atmosfery [The problems of estimating methane emissions from coal-mining enterprises of Kuzbass and anthropogenic pollution of the atmosphere]. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nyh resursov - High technology of development and use of mineral resources: Scientific articles collection*; under the general edition of V.N. Fryanov, Novokuznetsk, pp. 442-447 [in Russian].
11. Strekalov, S.V. (2015). Sravnitelnyj analiz vliyaniya otkrytogo i podzemnogo sposobov dobychi uglya na ehkologicheskie i sotsialno-ehkonomicheskie aspekty v ugledobyvayushchih regionakh [The open and underground coal mining methods influence on ecological and socio-economic aspects in coal-mining regions comparative analysis]. *Yevraziyskiy soiuz uchenykh – EuroAsian Union of Scientists*, 11-4, 112-115 [in Russian].
12. Mashukov, I.V. (2017). Snizhenie otritsatel'nogo vozdeystviya massovykh vzryvov pri otkrytykh gornykh rabotah na prilgayushchie territorii [Reduction of the negative impact of mass explosions in open mining operations on adjacent territories]. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nyh resursov - High technology of development and use of mineral resources: Scientific articles collection*; under the general edition of V.N. Fryanov, Novokuznetsk,

- pp. 434-438 [in Russian].
13. Tatarinova, O.A. (2013). Infrastrukturny podkhod k osvoiniiu Tersinskogo geologo-ekonomicheskogo raiona [Infrastructural approach to the development of the Tersinsky geological and economic region]. *Vestnik KuzGTU – KuzGTU Herald*, 6, 70-72 [in Russian].
 14. Varfolomeev, Ye.L. (2011). Innovatsionnoe reshenie korotkozabojnoj tekhnologii dobychi uglja, napravlennoe na povyshenie polnoty izvlecheniya i ehffektivnosti otrabotki ugolnyh plastov podzemnym sposobom [Innovative solution of short-face coal mining technology, aimed at increasing the extraction completeness and efficiency of coal seams mining by underground method]. *Ratsionalnoie osvoinie nedr – Rational reserves development*, 4, 14-18 [in Russian].

ООО «ВОСТЭКО»

осуществляет проведение научно-исследовательских работ, создание нормативной документации и другие работы в сфере промышленной безопасности на предприятиях угольной отрасли:

экспертиза промышленной безопасности;
услуги испытательной лаборатории;
разработка инновационных технологий в сфере угледобычи,
выпуск конструкторской документации для их единичного и серийного применения;
патентные исследования;
организация технического обслуживания, ремонта, поверки средств измерений и вспомогательного оборудования.

Россия, г Кемерово,
 650002 Сосновый бульвар,
 1, Кузбасский технопарк
 tsot.company@gmail.com
 тел/факс: 8 (3842) 340670
indsafe.ru



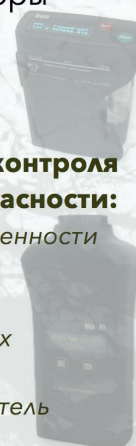
ООО «ГОРНЫЙ-ЦОТ»

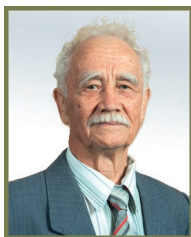
серийно производит приборы контроля параметров безопасности рудничной атмосферы угольных шахт

выпускает приборы контроля параметров безопасности:

- **ПКА-01** Прибор контроля запыленности воздуха,
- **ПКП** Прибор контроля пылевзрывобезопасности горных выработок,
- **ИЗСТ-01** Стационарный измеритель запыленности,
- **GaSense** Портативный газоанализатор,
- **GaSos** Стационарный анализатор контроля параметров атмосферы заперемычного пространства,
- **СКП ДС** Система контроля параметров дегазационной сети

разрабатывает системы измерения климатических параметров рудничной атмосферы (температуры; влажности; скорости и направления движения воздуха; давления);
разрабатывает программное обеспечение для встраиваемых систем;
разрабатывает приборы по индивидуальным заказам;
производит ремонт выпускаемых приборов.





А.Ф. Павлов // A. F. Pavlov
 pavlovarhip@yandex.ru

д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией АО «НЦ ВостНИИ», Россия, 650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
 doctor of technical sciences, professor, laboratory head of JSC «ScC VostNII», Russia, 650002, Kemerovo, Institutskaya St., 3

УДК 658.512

ТЕХНИЧЕСКИ РАЗВИВАТЬСЯ НЕОБХОДИМО, НО НЕДОСТАТОЧНО

IT IS NECESSARY TO DEVELOP TECHNICALLY, BUT IT IS NOT ENOUGH

Процесс совершенствования и развития организации управления производством, персоналом, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью постоянно отстает от темпов совершенствования и развития техники и технологии производства. Система управления производством, персоналом, охраной труда и промышленной безопасностью постепенно становится не соответствующей уровню технического развития производственной системы.

Такое происходит по большинству отраслей экономики, в том числе и в горной промышленности. Техническое развитие производства, какими бы затратами финансовых и производственных ресурсов не сопровождалось, согласуется с интересами руководителей работ и пока более востребовано, чем развитие социальное, организационное.

Таким образом, развитие техники и технологии производства должно дополняться адекватным уровнем развития системы хозяйственного управления производством, персоналом, охраной труда, промышленной и экологической безопасностью путем совершенствования и развития мотивации труда, совершенствования нормотворчества, обучения и воспитания персонала.

Статья посвящена решению социальных проблем промышленного производства, совершенствованию и развитию системы управления производством, персоналом, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью, формированию ответственности работника в безопасной и производительной работе в интересах успеха целого – организации, учреждения и державы в целом.

Предложены направления совершенствования производственных отношений между руководителем работ и наемным работником в условиях возросшей интенсивности горных работ.

The process of improving and developing of production, personnel, including occupational safety and industrial safety management organization, is constantly lagging behind the pace of improvement and development of technical means and production technology. The production, personnel, labor and industrial safety management system gradually becomes inconsistent with the production system technical development level. This happens in most of the economy sectors, the mining industry included. The technical development of production, no matter how expensive are the financial and production resources accompanying it, is consistent with the interests of the managers of the work and is still in more demand than social, organizational development.

Thus, the technical means and production technology development should be supplemented by an adequate development level of the production economic management, personnel, labor protection, industrial and environmental safety system through the improvement and development of labor motivation and norm-setting, training and education of personnel.

The article is devoted to solving social problems of industrial production, to improving and developing the production management, personnel, including labor protection and industrial safety system, to forming the interest and responsibility of the employee in safe and productive work for the success of the whole - organization, institution and the state.

The directions of improving the production relations between the manager of work and the hired worker in the conditions of the increased intensity of mining work are suggested.

Ключевые слова: НАЕМНЫЙ РАБОТНИК, САМООРГАНИЗАЦИЯ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Key words: HIRED WORKER, SELFORGANIZATION, MANAGEMENT SYSTEM, RESPONCIBILITY, LABOR PROTECTION, INDUSTRIAL SAFETY

Введение
Современное управление производством, персоналом, охраной труда и промышленной безопасностью, в части его совершенствования и развития, характеризуется тем, что повсеместно наблюдается стремление руководителей и специалистов промышленных предприятий решать все проблемы производства, в том числе охраны труда и промышленной безопасности, исключительно техническими средствами и способами.

На первый взгляд, так решать проблемы управления производством, персоналом, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью, казалось бы, нет ничего предосудительного. Тем более, что технические средства и способы, нередко высвобождая людей от исполнения тяжелых и опасных операций, позитивно решают вопросы охраны труда и промышленной безопасности. Однако при всем этом настораживает известный факт: расследования аварий и несчастных случаев показывают, что коренной, исходной причиной многих опасных происшествий, аварий и производственных травм, неизменно продолжают быть неадекватные действия работников, выраженные в форме неисполнения или ненадлежащего исполнения ими своих обязанностей [1].

Это говорит о том, что опасные происшествия возникают преимущественно по организационным причинам, а организационные причины часто невозможно предотвращать техническими средствами и способами.

Отсюда возникает вопрос: «Почему, зная это, подавляющее большинство руководителей и специалистов так упорно продолжают предпочитать все проблемы производства, в том числе охраны труда и промышленной безопасности, решать исключительно техническими средствами и способами?»

Оказывается, как и во многом ином, так и здесь, нет однозначного ответа. Рассмотрим это подробнее.

Привлекательность и недостаточность технических решений

1. Прежде всего, надо признать, что для руководителей работ любые задачи организации и управления производством, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью, техническими средствами и способами, в отличие от организационных, реализуются легче, быстрее, зримо и тем являются для них более привлекательными. Например, в последние десятилетия в результате обновления горной техники производственная мощность предприятий

по добыче угля увеличилась в разы. Безусловно, одно это обстоятельство способно, и не без основания, формировать представление об исключительной роли техники и технологии в успехах производственной деятельности.

Это обстоятельство затмевает даже такой факт, что новая техника и технология промышленного производства нередко привносит и привнесла в охрану труда и промышленной безопасности новые формы проявления опасности. Например, возрастающая энерговооруженность и интенсивность производственных процессов сопровождается возрастанием частоты и тяжести аварий с взрывами метана и угольной пыли, превращением их в катастрофы.

2. Есть и другая причина исключительной привлекательности технического пути решения производственных проблем. Дело в том, что существующая система профессионального обучения готовит мастеровых, узких специалистов, с технократическим мышлением. В их учебной программе человек, характеризующийся наличием своей воли, фактически не просматривается. В результате в их практической деятельности человек, как правило, не берется в расчет ни при проектировании производственных объектов, ни при планировании производства. Если и возникают какие-либо вопросы в части организации его труда, то ответ примерно такой: «Какие проблемы? ... Скажем - и сделает...!».

Да, делает. Часто не так или не то. В результате возникает о нем представление, как об источнике опасности. Практически нет аварии и несчастного случая, в котором в качестве основной причины не присутствовало бы ставшее пресловутым такое понятие, как «человеческий фактор».

Таким образом, современная система профессионального обучения не готовит специалистов к их профессиональной деятельности по организации управления персоналом, в том числе по охране труда и промышленной безопасности. Если что и делается в этом плане, то все сводится к заучиванию требований правил безопасного ведения работ, а как выполнять эти требования с учетом конкретных производственных условий и конкретных работников – «остается за кадром».

В результате руководители и специалисты в своем большинстве не владеют или слабо владеют средствами и способами организации безопасной и производительной работы наемного персонала в интересах успеха целого [2].

3. Все те руководители и специалисты, которые удовлетворительно владеют средствами и способами организации безопасной и про-

изводительной работы наемного персонала, не спешат воспользоваться своими знаниями и опытом и приступить к изысканию и использованию необходимых им организационных средств и способов. Они знают, что если техническое новшество на второй день заработало, то любое организационное нововведение неизбежно связано с обучением и воспитанием персонала, отрицанием привычного, нередко с ущемлением интересов отдельных работников, и, что особенно важно, требует продолжительного внедрения с неусыпным вниманием. Так возникло рутинное, вовсе не радостное представление о внедрении того или иного организационного новшества [3].

В результате в промышленном производстве мало кто радуется преобразованиям в системе управления и мало кто стремится к ним. Руководители и специалисты – работники наемные, и далеко не каждый из них готов добровольно взять на себя бремя вовлечения всего персонала в организационные нововведения по совершенствованию и развитию системы управления производством, персоналом, в том числе по охране труда и промышленной безопасности. Этому способствует и то, что мало у какого руководителя работ в его должностной инструкции присутствует обязательное в недалеком прошлом и «забытое» в настоящем требование, обязывающее его «вести учебно-воспитательную работу вверенном ему коллективе».

В итоге процесс совершенствования и развития организации управления производством, персоналом, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью, постоянно отстает от темпов совершенствования и развития техники и технологии производства. Система управления производством, персоналом, охраной труда и промышленной безопасностью постепенно становится не соответствующей уровню технического развития производственной системы.

Такое происходит по большинству отраслей экономики, в том числе и в горной промышленности. Техническое развитие производства, какими бы затратами финансовых и производственных ресурсов не сопровождалось, согласуется с интересами руководителей работ и пока более востребовано, чем развитие социальное, организационное.

Однако из вышеизложенного, во-первых, вовсе не следует, что оценка значения влияния развития техники и технологии производства на развитие любой отрасли экономики неоправданно и чрезмерно завышена, причем не только в умах руководителей и специалистов производства, но и работников учебных и научных учреж-

дений. Безусловно, надо признать, что влияние техники и технологии производства на развитие любой отрасли экономики велико. Мало того, развитие техники и технологии производства является локомотивом социального развития в любой отрасли экономики и всего общества в целом. Проблема в ином. Надежность, безопасность, в том числе и экономическая эффективность производства, а вместе с ними и сложившаяся система организации и управления производством, персоналом, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью, не соответствуют уровню развития техники и технологии производства, причем во многих отраслях экономики.

Самоорганизация

Вместе с тем, особого внимания заслуживает то, что присутствие человека в производственной системе привносит в неё особо ценное свойство, называемое самоорганизация, которая с позиций надежности представляет, не что иное, как способность производственной системы самовосстанавливаться, а в целом – совершенствоваться и развиваться. Поэтому было бы неразумно не воспользоваться этим, в экономическом плане менее затратным, весьма эффективным способом обеспечения высокой производительности и безопасности.

Любое промышленное предприятие с присутствием в нем человека представляется самоуправляемой, самоорганизующейся социально-экономической системой. Не брать во внимание этого при решении любых вопросов по обеспечению надежности, безопасности и эффективности производства, просто было бы неразумно [4].

Однако и здесь требуется определенная осторожность. Может случиться, что способность самоорганизации может оказаться направлена на саморазрушение, то есть действовать деструктивно. Поэтому с позиций обеспечения интересов производственной деятельности любой организации и любого учреждения представляет особый интерес вопрос изучения того, как самоорганизация может быть использована для обеспечения безопасной и производительной работы работника в интересах успеха целого.

Самоорганизация производственных систем может влиять на надежность, безопасность и эффективность производственной или иной деятельности. Только, зная механизм такого влияния, станет возможным приступить к решению задачи: как использовать его в интересах обеспечения надежности, безопасности и эффективности производственной и иной деятельности.

На пути исследования влияния самоорганизации на надежность, безопасность и экономическую эффективность производственных систем и управляемых ими производственных процессов неизбежно приходится сталкиваться с такими понятиями, как: «наемный работник», «формирование интереса работника», «согласование интересов управляющих субъектов», «взаимодействие работников» и, наконец, «ответственность, инициатива, творчество работника».

Ответственность

Ответственность, как категория качества работника, его компетентности, заслуживает особого внимания, безусловно, на всех уровнях управления производством, но сегодня это особенно важно на уровне рабочих мест, работников рабочих профессий.

Здесь уместно обратить внимание на весьма важный факт, заметив, что они, работники рабочих профессий, фактически уже наделены правом самостоятельного ведения порученного им дела, компетентны и обладают компетенцией принятия управляющих решений, то есть управлять производственным процессом на подконтрольном им объекте.

Это, безусловно, заслуживает одобрения. Но, к великому сожалению, они, работники рабочих профессий, все еще не обременены адекватной мерой всех видов ответственности: дисциплинарной, административной, уголовной, по любому негативному исходу их действий. Этим нарушается необходимый баланс между правами и ответственностью, что недопустимо, так как это ведет к произволу, к неадекватным действиям из-за отсутствия сдержки.

Повторим, все, что связано с поведением работников, – все это оказывает определяющее влияние на результаты любой производственной деятельности, независимо от уровня её технической оснащённости. При этом известный принцип – «кадры решают все» – был и остается актуальным, несмотря на современный уровень механизации и автоматизации производственной или иной деятельности.

Выводы

1. Из всего изложенного следует:

- современным уровнем развития техники и технологии производства можно воодушевляться, но только не уровнем организации управления производством, персоналом, в том числе охраны труда и обеспечения промышленной безопасности;

- для более полного извлечения экономической и социальной выгоды от технического

развития промышленного производства необходимо организацию управления производством, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью, привести в состояние, адекватное уровню развития техники и технологии производства.

Таким образом, задача совершенствования и развития методологии и принципов организации и управления производством, персоналом, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью, приведение их в состояние, адекватное уровню развития техники и технологии промышленного производства, является актуальной научной задачей, требующей неотложного решения с позиций социально-экономического развития общества.

Решение этой задачи должно быть ориентировано, прежде всего, на решение социальных проблем промышленного производства, на совершенствование и развитие системы управления производством, персоналом, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью, на формирование интереса и ответственности работника в безопасной и производительной его работе в интересах успеха целого – организации, учреждения и державы в целом.

Все это должно быть ориентировано на совершенствование и развитие системы хозяйственного управления производством, персоналом, охраной труда, промышленной и экологической безопасностью путем совершенствования и развития мотивации труда, совершенствования нормотворчества, обучения и воспитания персонала и т.п. При этом «красной нитью» во всем содержании такой работы должны проследиваться следующие концептуальные положения, формирующие у работника позитивную жизненную позицию и лучшее понимание реальной действительности:

- надежность объектов, безопасность работников и экономическая эффективность производственной системы должны обеспечиваться одновременно и совместно как техническими, так и организационными средствами и способами;

- надежность объектов, безопасность работников и экономическая эффективность производственной системы взаимно обеспечивают и дополняют друг друга;

- система хозяйственного управления охраной труда и промышленной безопасности находится в недрах системы управления производством, персоналом, неотделима от них и представляет одно целое;

- в социальном плане основной целью системы хозяйственного управления производ-

ством является воспитание внутренней мотивации у наемного работника, формирование у него интереса к безопасной и производительной работе в интересах успеха целого – организации или учреждения и державы в целом.

2. Основная идея, исходящая из содержания всей статьи и определяющая её предназначение, заключается в доведении до читателя понимания того, что надежность и безопасность любой производственной системы, а вместе с ними и её экономическая эффективность одинаково зависят как от технической её оснащённости, так и от уровня производственной культуры персонала, выраженной в организации и функционировании её системы управления.

Основанием для такого утверждения является то, что производственная культура персонала во многом формируется сложившейся системой управления производством, персоналом, охраной труда и промышленной безопасностью и неизменно отражается в составе основных причин аварий и производственных травм на подконтрольных ей объектах.

Понимание и представление проблемы безопасности и эффективности производства, прежде всего, как проблемы социальной, поведения персонала, производственной культуры неизбежно обостряет и направляет наше внимание к вопросам обучения и воспитания персонала.

В свою очередь, углубление в проблему обучения и воспитания персонала приводит к понижению, что обучение и воспитание подконтрольных работников было и остается элементом, составной частью производственной деятельности, входит в должностную обязанность каждого руководителя и специалиста организации и учреждения и реализуется в рамках системы управления производством, персоналом, охраной труда, промышленной и экологической безопасностью. Однако обучению и воспитанию также надо учиться, для этого мало быть по должности тем или иным руководителем.

3. Настоящая статья не претендует быть пособием для ведения учебно-воспитательной работы. Она ориентирована лишь на выявление и представление для обозрения читателем отдельных фактов и проблем из опыта производственной деятельности по организации, совершенствованию и развитию системы управления производством, персоналом, в том числе охраной труда и промышленной безопасностью. По сути это то, что побуждает задуматься о том, что «в современном королевстве» организации управления производством, персоналом, в том числе охраной труда и промышленной безопасности, не все в порядке. Одно это уже многое значит: любое благое дело начинается с задумок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Культура безопасности на угольных предприятиях (по материалам российской и зарубежной практики) / составители В.С. Гершгорин, Л.П. Петухова; пер. с англ. Л.П. Петуховой, Л.С. Громько, Л.Р. Аминовой; НФИ ГОУ ВПО «КемГУ». Новокузнецк, 2011. 184 с.
2. Бовыкин В.И. Новый менеджмент (управление предприятиями на уровне высших стандартов: теория и практика эффективного управления). М.: Экономика, 1997.
3. Гастев А.К. Трудовые установки. М.: Экономика, 1973. 343 с.
4. Павлов А.Ф. Анализ состояния и обоснование направлений совершенствования и развития организационно-правового обеспечения системы управления охраной труда и промышленной безопасностью // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2017. № 1. С. 44-50.

REFERENCES

1. Gershgorin, V.S., & Petukhova, L.P. (2011). *Kultura bezopasnosti na ugolnykh predpriyatiakh (po materialam rossiiskoi i zarubezhnoi praktiki)* [Safety culture in coal enterprises (based on Russian and foreign practices)]. Novokuznetsk: NFI GOU VPO "KemGU" [in Russian].
2. Bovykin, V.I. (1997). *Novyi menedzhment (upravlenie predpriyatiyami na urovne vysshikh standartov: teoriya i praktika ehffektivnogo upravleniya)* [New management (enterprise management at the level of the highest standards: theory and practice of effective management)]. Moscow: Ekonomika [in Russian].
3. Gastev, A.K. (1973). *Trudovyye ustanovki* [Labor guidelines]. Moscow: Ekonomika [in Russian].
4. Pavlov, A.F. (2017). *Analiz sostoyaniya i obosnovanie napravlenij sovershenstvovaniya i razvitiya organizatsionno-pravovogo obespecheniya sistemy upravleniya okhranoj truda i promyshlennoj bezopasnostiu* [Labor protection and industrial safety system condition analysis and organizational-legal maintenance development improvement directions substantiation]. *Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnosti – Herald of Industrial and Environmental Safety Scientific Center VostNII*, 1, 44-50 [in Russian].

Главные цели «НЦ ПБ»:

Создать замкнутый цикл в решении проблем промышленной безопасности и охраны труда, обеспечив комплексный подход: от идеи до разработки нормативно - правовой базы и научно-производственных проектов с их полной последующей реализацией.

Оперативно и качественно решать вопросы с учетом индивидуальных особенностей и специфики шахт, разрезов и иных опасных производственных объектов.

НАО «НЦ ПБ»

650002, г Кемерово, Сосновый бульвар, 1.

Генеральный директор

Ахлестин Николай Николаевич
Моб. 8-961-708-74-50

Тел./факс: (3842) 77-86-63

e-mail: a9617087450@gmail.com

Директор по проектированию

Артюшин Игорь Александрович

Тел. (384-2) 77-86-57

Моб. 8-923-611-27-41

e-mail: igor.artushin@gmail.com

Непубличное акционерное общество «Научный центр промышленной безопасности»

государственно-частное партнерство

Акционеры «НЦ ПБ»



ФГБОУ ВПО «КузГТУ»



АО НИИГД



ООО «ВостЭКО»

Стратегические направления деятельности:

- 1) Научно-исследовательская деятельность в области горных работ
- 2) Опытнo-кoнстpуктopская деятельность
- 3) Пpoизвoдствo иннoвациoнных научных разработок, применяемых на опасных производственных объектах
- 4) Испытательные лаборатории, сертификационные услуги.
- 5) Проектные работы, выполнения всего комплекса проектных работ для опасных производственных объектов. Свидетельство на виды работ No 2310 от 15 июля 2016, выданное Ассоциацией «Национальный альянс проектировщиков «ГлавПроект» No СРО-П-174-01102012
- 6) Развитие образовательной деятельности Научного центра, ориентированной на подготовку и переподготовку специалистов высшей квалификации в области промышленной безопасности.

научный центр, основанный на государственно-частном партнерстве, сферой деятельности которого является обеспечение комплексного решения вопросов в области промышленной безопасности и охраны труда в горной и других отраслях промышленности.



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.



<http://ind-saf.ru/>

Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности (Industrial Safety)

ISSN 2072-6554

DOI 10.26631/issn.2072-6554  Crossref

Журнал включен в ВАК



«Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук».

Тираж 1000 экземпляров



Выходит с 2005 года ежеквартально (в марте, июне, сентябре и декабре). Электронный архив в свободном доступе на сайте Вестника ind-saf.ru, а так же на сайтах научных электронных библиотек elibrary.ru и cyberleninka.ru

Включен в мировые базы



Вестник проходит индексацию в российских базах данных научного цитирования **РИНЦ**, а так же в международных базах **DOAJ**, **Google Scholar**, **ICI World of Journals**, **ICI Journals Master List 2016**, **ResearchBib**, **SIS**. Включен в каталог периодических изданий **Ulrichsweb**.

Мы открыты также для партнёрских отношений и готовы пригласить Вас в ряды наших авторов:
ind-saf@yandex.ru

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

 Scientific Indexing Services

 **ULRICHSWEB™**
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

CYBERLENINKA

 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS



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 Arial, размер шрифта 10, для заголовка 14, полуторный интервал, абзацный отступ 1,25 см, формат листа А4. Поля с левой стороны 3 см, сверху и снизу 2 см, справа 1,5 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



УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

С августа 2017 года заключён договор с агентством Crossref и всем выпускам научно-технического журнала «Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности // Industrial Safety», а также всем статьям журнала будет присваиваться **номер DOI**.

Цифровой идентификатор объекта (DOI, Digital Identifier of an Object) — стандарт обозначения представленной в сети информации об объекте (обычно, но не обязательно, об электронном документе или цифровом объекте) ГОСТ Р ИСО 26324-2015.

DOI "Вестника" 10.26631/issn.2072-6554

DOI — это путь к документу в общем информационно-виртуальном пространстве (как правило, в Интернете), для получения необходимой информации. Адреса URL длинные, неудобны и могут изменяться, а номер **DOI** всегда остается неизменным, и по нему с легкостью можно найти журнал или статью. Это стандарт, с которым работают издательства со всего мира. Кроме того, мировое научное сообщество не признает электронные публикации без номера **DOI**, так как без него статья недостаточно стабильна в Интернете и может исчезнуть, что отрицательно сказывается на индексировании цитируемости.

Номера DOI журналов и статей «Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности» будут указаны на их страницах на сайте журнала ind-saf.ru

Поиск по номеру DOI может осуществляться после размещения выпуска журнала в РИНЦ или Cyberlelinka (не ранее 2-х недель после выхода журнала) на сайтах **CrossRef**.

После присвоения статье DOI необходимо указывать его в библиографическом описании статьи.

СЛОВО РЕДАКТОРА // EDITORIAL

5 Трубицына Н. Trubitsyna N.

АКТУАЛЬНО // IMPORTANT

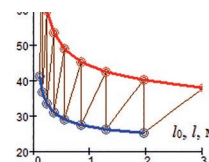
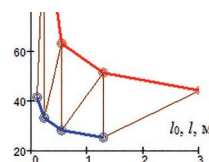
6 Д. В. Исламов, А. В. Силинин В фарватере разработанной стратегии
D. V. Islamov, A. V. Silinin. In the wake of the developed strategy

8 В. Н. Захаров, А. З. Вартанов, О. Н. Малинникова, И. В. Петров, А.В. Федаш.
Обеспечение безопасности горных работ – задача фундаментальной и прикладной науки
V. N. Zakharov, A. Z. Vartanov, O. N. Malinnikova, I.V. Petrov, A.V. Fedash. Mining operations' safety provision-fundamental and applied science task

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

18 Н. В. Черданцев, А. В. Шадрин. Расчёт траектории движения одиночной трещины, расположенной в массиве горных пород нагруженной давлением жидкости

N. V. Cherdantsev, A. V. Shadrin. A fluid pressure-loaded single crack located in a rock massif propagation trajectory calculation

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

28 Я. С. Ворошилов, Д. А. Трубицына. Разработка метода и системы контроля интенсивности пылеотложений для повышения уровня пылевзрывобезопасности горных выработок угольных шахт

Ya. S. Voroshilov, D. A. Trubitsyna. Dust deposition intensity method and control system development in order to increase the underground coal mine openings dust explosion safety

42 А. И. Фомин, Д. А. Бесперстов. Методика использования средств спасения людей с высоты при пожарах

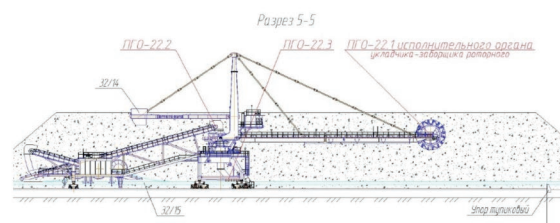
A. I. Fomin, D. A. Besperstov. People from height saving means use methods in case of fire

52 А. Ф. Павлов, Д. В. Гаврилов. Принципы самоорганизации системы управления производством, персоналом, охраной труда и промышленной безопасностью

A.F. Pavlov, D.V. Gavrillov. Production management system, personnel, labor protection and industrial safety self-organization principles

60 И. А. Артюшин, Я. В. Гиркин, В. Ф. Петерс, М. А. Зубаков. Способы и средства автоматического непрерывного контроля концентрации пыли и борьбы с запыленностью на тепловых электростанциях, работающих на каменном угле

I. A. Artiushin, Ya. V. Ghirkin, V. F. Peters, M. A. Zubakov. Methods and means of automatic continuous monitoring of dust concentration and dust control in thermal power plants operating on coal



IV. ПРОБЛЕМЫ И СУЖДЕНИЯ // PROBLEMS AND OPINIONS

68 С. В. Бычков. Критический обзор статьи «Магнитопластичность и физика землетрясений. Можно ли предотвратить катастрофу?»

S.V. Bychkov Critical review of the article "Magnetoplasticity and the physics of earthquakes. Is it possible to prevent a catastrophe? "

74 О. А. Татарина, Е. Л. Варфоломеев. Влияние открыто-подземного (комбинированного) способа разработки угольных месторождений на окружающую среду

O. A. Tatarinova, Ye. L. Varfolomeev. Open-uderground (combined) coal deposits development method environment effect

80 А.Ф. Павлов. Технически развиваться необходимо, но недостаточно

A.F. Pavlov. It is necessary to develop technically, but it is not enough

88 ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ МАТЕРИАЛАМ // ADVERTISING MATERIALS REQUIREMENTS**88 ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ // DEMANDS TO ARTICLES****92 СОДЕРЖАНИЕ // CONTENT**



РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА
ПОЗДРАВЛЯЕТ ВАС

С НОВЫМ

Годом

И РОЖДЕСТВОМ!

*Поздравляет Вас с праздниками!
Пусть для каждого из наших читателей новый год
будет не просто новой страницей календаря, а
меткой времени, приближающей исполнение самых
заветных желаний!*

Подписано в печать 20.12.2017. Тираж 1000 экз. Формат 60x90 1/8.

Выпуск 4-2017, дата выхода в свет 25.12.2017

Объем 10 п. л. Заказ № 4 2017 г. Цена свободная.

Типография ООО «ИНТ».

650065, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, пр-т Октябрьский, 28 офис 215

Тел. 8 (3842) 657889.



Научно-технический и методический журнал **РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ НЕДР**

Подпишитесь и держитесь курса!

www.roninfo.ru

Журнал включен в мультидисциплинарные базы данных EBSCO:

GreenFILE, Energy & Power Source, Applied Science & Technology Source, Engineering Source, Subjects Include (тематика GeoRef)

Официальный печатный орган

Центральной комиссии по разработке месторождений
твердых полезных ископаемых (ЦКР-ТПИ Роснедр)

Информационный партнер

Центральной комиссии по разработке месторождений углеводородного сырья
(ЦКР по УВС Роснедр) Федерального агентства по недропользованию.

Выпускается при участии

Всероссийского научно-исследовательского института минерального
сырья им. Федоровского (ФГУП «ВИМС»)

Профессионально о правовом и нормативно-методическом обеспечении и
экономической стратегии отрасли, проектировании, рациональной и комплексной
разработке месторождений, глубокой переработке минерального сырья, создании
и внедрении инновационных геотехнологий и оборудования, а также экологические
аспекты недропользования, рынки сырья. **Эксклюзивные материалы о работе ЦКР**

Приглашаем к сотрудничеству рекламодателей

Распространение:

1. Семинары и заседания ЦКР
2. Выставки (Россия и СНГ)
3. Тематические семинары и конференции (в России и за рубежом)
4. Целевая рассылка
5. Подписка в печатном и электронном формате

Аудитория: руководители и ведущие специалисты предприятий-недропользователей,
проектных организаций, инжиниринговых, консалтинговых и юридических компаний,
бизнес-структур, работающих в сфере недропользования, научные работники

Подписка

Оформить подписку на журнал «**Рациональное освоение недр**» можно в редакции
или в любом почтовом отделении по каталогам:

Агентство «Роспечать» Подписной индекс по каталогу 80379
«**Пресса России**» Подписной индекс по каталогу 13165

Контакты

Тел.: 8 (495) 96503160, Моб.: 8-926-6942041 Сайт: www.roninfo.ru

E-mail: mail@roninfo.ru Реклама, распространение: chicherina@roninfo.ru

