

Философское осмысление теоретико-множественных представлений на примере истоков зарождения пожарной безопасности
стр.22

Кустарная добыча угля в Африканском регионе: история развития и оценка безопасности работ
стр.29

Выпуск 3-2023 | Кемерово | ISSN 2072-6554 | DOI 10.26631/issn.2072-6554

ВЕСТНИК

Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ И ФИЛОСОФИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Слово редактора

АКТУАЛЬНО

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОВЕДЕНИЯ РАБОТНИКОВ
стр.6



УГОЛОВНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ: РАСШИРЕНИЕ КРУГА ОТВЕТСТВЕННЫХ ЛИЦ
стр.13

ВЕСТНИК

Научного центра по безопасности работ
в угольной промышленности

Научно-технический журнал

ISSN 2072-6554



9 772072 655426 >

Кемерово

3-2023

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

№ 3-2023

Выходит 4 раза в год

Подписной индекс
в Каталоге Агентства
«Роспечать» 2023г. – 35939

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН

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

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

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН

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

Учредитель и издатель

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

Адрес учредителя и издателя:
650002, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово,
Сосновый бульвар, дом 1, кабинет 415

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

Редакторы: *Д. А. Трубицына, Л. С. Кузовкова,*
Т.В.Кочурина

Компьютерная верстка *Д. А. Трубицына*

тел. 77-86-62, 64-26-51.
e-mail: tanya-adv@list.ru
dtrubitsyna@gmail.com
www.ind-saf.ru

**Позиция редакции не всегда совпадает
с точкой зрения авторов публикуемых материалов**

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

16+

© ООО «ВостЭКО», 2023

Адрес типографии:
630015, Россия, г. Новосибирск, ул. Комбинатская, 3А
тел. +7 (383) 207-85-22. Типография «Арт Черри».

Главный редактор: Н. В. Трубицына

Редакционная коллегия:

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

А. С. Ярош – заместитель главного редактора,
канд. техн. наук

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

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

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

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

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

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

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

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

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

INDUSTRIAL SAFETY

Scientific-technical magazine

Kemerovo

3 - 2023

INDUSTRIAL SAFETY

ISSN 2072-6554

№ 3- 2023

Is issued 4 times a
year

Subscription index
in «Rospechat» Agency
Catalogue: Year 2023 – 35939

MAGAZINE IS REGISTERED

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

THE MAGAZINE IS INCLUDED

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

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

Address of the promoter and publisher:

650002, Russia, Kemerovskaja oblast, Kemerovo, Sosnovyi bd., 1, office 415

Address of the editors:

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

Editors: *L.S. Kuzovkova, D.A. Trubitsyna, T.V. Kochurina*
Computer layout *D.A. Trubitsyna*

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

e-mail: tanya-adv@list.ru

dtrubitsyna@gmail.com

www.ind-saf.ru

www.indsafe.ru

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

In the issue of the magazine materials of sites
www.lori.ru, www.freemages.com, www.unsplash.com
and www.graphicriver.net are used

16+

© Co Ltd «VostEKO», 2023

Address of the printing

3A Kombinatskaya str., Novosibirsk, 630015, Russia
, tel. +7 (383) 207-85-22. Art Cherry Printing House.

Chief editor: N. V. Trubitsyna

Editorial board:

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

A. S. Yarosh – deputy chief editor, candidate of technical sciences

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дорогие читатели!

Времена мировой консолидации научной мысли, ее совместного развития для достижения глобальных целей познания на данном историческом отрезке отодвинуты в сторону и возникло острое ощущение останковки формирования и выработки общечеловеческого знания. Мираж тотального занавеса конкретизируется и это ощущается во всех сферах науки и экономического существования Российской Федерации.

Не случайно на встрече с молодыми учеными-ядерщиками 08.09.2023 президент Российской Федерации В.В. Путин отметил, что начавшееся в 2014 году ограничение технологического суверенитета усиливалось, «...вообще целенаправленно всё делалось для того, чтобы создать дополнительные условия для ограничения нашего экономического роста и сдерживания развития России». «...Мы тогда ещё начали думать о том, что сделать для того, чтобы обеспечить суверенитет. Много сделано, но многое, конечно, ещё и предстоит сделать.»

Одним из главных условий развития является определение целей, конкретизация подходов их реализации, что невозможно без философского понимания исторических концепций, базовых методологических принципов их реализации. Востребованность этого крайне велика для определения приоритетов развития всех отраслей знания и экономики. И мы благодарны авторам, представившим свои публикации в этот номер нашего журнала, что они тонко ощущают необходимость этого осмысления проблем безопасности труда в горной отрасли, которое в будущем позволит преодолеть трудности роста и становления новых базовых технологий и средств для ее обеспечения.

Мы надеемся, что и дальнейшие научные исследования наших авторов будут служить развитию технологического суверенитета нашей страны, будут интересны нашим читателям и востребованы в экономике Российской Федерации.



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

I. АКТУАЛЬНО

I. URGENT



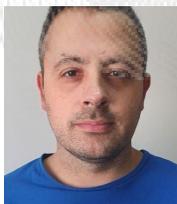
Е.С. Ворошилова //
E.S. Voroshilova

консультант директора по аналитической работе в сфере охраны труда ООО "Кузбасс-ЦОТ" Кемерово, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д.1, consultant to the Director of analytical work in the field of labor protection "Kuzbass-COT", 1, Sosnoviy Bulvar, Kemerovo, Russia



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

доктор техн. наук, Заместитель директора ООО «Кузбасский межотраслевой центр охраны труда», Кемерово, Россия г. Кемерово, Сосновый бульвар, д.1 doctor of Technical Sciences, deputy Director "Kuzbass-COT", 1, Sosnoviy Bulvar, Kemerovo, Russia,



Г.Е. Седельников //
G.E. Sedelnikov
video@kuzbasscot.ru

кандидат техн. наук, заместитель директора ООО «Кузбасский межотраслевой центр охраны труда», Кемерово, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д.1. Candidate of technical sciences, deputy Director "Kuzbass-COT", 1, Sosnoviy Bulvar, Kemerovo, Russia



А.И. Фомин //A.I. Fomin
Fomin.a.i@kuzbasscot.ru

доктор техн. наук, профессор, зав. каф. аэрологии, охраны труда и природы ФГБОУ ВО «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева», Россия, г. Кемерово Doctor of technical sciences, professor, aerology, labor protection and ecology department head, FGBOU VO KuzGTU named after T.F. Gorbachev Kemerovo, Russia



А.А. Ли // A.A. Lee

доктор техн. наук, профессор, ученый секретарь АО "НЦ ВостНИИ", г. Кемерово, ул. Институтская, 3 Doctor of Technical Sciences, Professor, scientific consultant of JSC "NC VostNII" Russia, Kemerovo, Institutskaya str., 3

УДК 331.461; 462

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОВЕДЕНИЯ РАБОТНИКОВ

EMPLOYEE BEHAVIOR SAFETY MANAGEMENT

В работе отмечено, что человек, являясь важнейшим звеном производственного процесса любого предприятия, одновременно является и основной причиной аварий и несчастных случаев, поскольку доля «человеческий фактора» в общем травматизме составляет 70-90%. Предложена структурная модель личной системы управления охраной труда, в которой: блок управления и коммуникаций – опирается на интеллектуальные способности и осуществляет общее руководство системой; блок контроля рабочей среды – опирается на сенсорные способности и контролирует окружающую рабочую среду; блок защиты – опирается на защитные способности и обеспечивает устойчивость работы системы в рабочей среде; блок исполнения – опирается на физические способности и обеспечивает выполнение работником необходимые трудовые операции. В рамках этой модели показан конфликт между создаваемой в течении жизни «бытовой личной системой управления безопасностью», определяющей уровень безопасности поведения человека в бытовых условиях, и формируемой на работе «Личной системой управления охраной труда». Предложен способ разрешения этого конфликта за счет переключения поведения работника с бытового на рабочее с использованием четырех способов коррекции доминант А.А. Ухтомского. Показано, что

результаты данной работы могут быть использованы при разработке новых высокоэффективных способов обучения молодых работников с малым стажем работы. Важность этого обучения обусловлена тем, что в первые месяцы и даже годы трудовой деятельности поведением молодых работников управляет «бытовая личная система управления безопасностью», что приводит к высокому травматизму. Одним из решений данной проблемы является ускоренное формирование «Личной системы управления охраной труда» и использование перед началом работы методов и приемов переключения психофизиологического состояния работника с «быта» на «работу».

The work notes that the man, being the most important component of the production process of any enterprise, is at the same time the main reason for accidents and injuries, since the share of the human factor in the general rate of accident is 70-90%. A structural model of personal occupational health and safety management system is offered, where: communications and management module is based on intellectual abilities and executes general management of the system; working environment control module is based on sensory abilities and controls the surrounding working environment; safety module is based on safety abilities and provides stable functioning of the system in the working environment; execution module is based on physical ability and ensures that the employee can execute the necessary work operations. Within this model, a conflict is shown between the everyday personal system of safety management which determines the level of safety of a person's behavior in everyday life and the personal occupational health and safety management system. A way is offered to resolve this conflict by switching the employee's behavior from everyday mode to work mode using four ways of correcting the dominants developed by A.A. Ukhtomsky. It is shown that the results of this work can be used when developing new highly effective ways of training young employees with little work experience. The reason for the importance of such a training is that during the first months or even years of working experience the behavior of young employees is governed by the everyday personal system of safety management which leads to a high level of injuries. One of the solutions for this problem is the accelerated formation of a personal occupational health and safety management system and using methods and techniques for switching the psychophysiological state of the employee from 'everyday' to 'work'.

Ключевые слова: ТРАВМАТИЗМ, ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР, СПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, КОНФЛИКТ, ЛИЧНАЯ СИСТЕМА, ДОМИНИРУЮЩЕЕ ПОВЕДЕНИЕ, ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ПРИНЦИП ДОМИНАНТЫ, УХТОМСКИЙ, УПРАВЛЕНИЕ ПОВЕДЕНИЕМ, ОПАСНОЕ ПОВЕДЕНИЕ, ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ

KEY WORDS: RATE OF INJURIES, HUMAN FACTOR, HUMAN ABILITIES, CONFLICT, PERSONAL SYSTEM, DOMINATING BEHAVIOR, PSYCHOPHYSIOLOGY, PRINCIPLE, UKHTOMSKY, BEHAVIOR MANAGEMENT, DANGEROUS BEHAVIOR, SWITCH

Исследования, проведенные как в России, так и за рубежом, показывают, что одной из главных причин производственного травматизма является так называемый «человеческий фактор», доля которого в общем травматизме составляет 70-90% [1-5].

Анализ результатов исследований этого феномена [6-9] позволяет констатировать, что человек, являясь важнейшим звеном производственного процесса любого предприятия, одновременно является основной причиной аварий и несчастных случаев. Это выражается в том, что работники совершают ошибки нарушая дисциплину, пренебрегая средствами индивидуальной защиты и элементарными правилами безопасности, а также выполняя работу, зачастую руководствуясь бытовыми представлениями о безопасности, что в определенный момент приводит к несчастному случаю.

К сожалению, это неизбежно, поскольку человеку свойственно ошибаться – это функция его психофизиологического состояния [10,11], которое связано с его психическими (переживания и чувства) и физиологическими (изменение вегетативных и двигательных функций) структурами, и иногда проявляется в замедленной реакции, напряженности, усталости и прочее, что приводит к небезопасному поведению.

Поведение адаптируется к условиям жизнедеятельности человека и проявляется как значимые действия, источником которых является сам человек. То есть человека можно характеризовать как самоуправляемый субъект, имеющий свою «личную систему самоуправления», которая руководит его поведением. Как показано в работе [12], «Личная система управления охраной труда», отвечающая за безопасность, является частью системы самоуправления человека и проявляется через поведение работника.

Структурная модель «Личной системы управления охраной труда»



Рисунок 1. Структурная модель «Личной системы управления охраной труда»
Figure 1. Structural model of the "Personal Occupational Safety management System"

Уровни безопасности поведения можно определить, используя модель человеческого фактора РФТС (Разность между фактическими и требуемыми способностями) [9], согласно которой человеческий фактор (ЧФ) – это разность между фактическими и требуемыми способностями работника:

$$\text{ЧФ} = \text{ФС} - \text{ТС}$$

где Фактические способности (ФС) – это способности работника безопасно выполнять работу, базирующиеся на основных составляющих: интеллектуальной, сенсорной, защитной и физической.

Требуемые способности (ТС) – это совокупность требований к интеллектуальным, сенсорным, защитным и физическим способностям человека, которые требуются для выполнения работы.

В зависимости от уровня фактических способностей формируется величина человеческого фактора, что в дальнейшем определяет поведение работника как безопасное, удовлетворительное и опасное.

Если $\text{ТС} < \text{ФС}$, то ЧФ – положительная величина. Количество ошибочных действий и вероятность возникновения несчастных случаев ниже требуемого уровня. Работнику свойственно безопасное поведение.

Если $\text{ТС} \approx \text{ФС}$, то ЧФ – нейтральная величина. Количество ошибочных действий и вероятность возникновения несчастных случаев отвечает требуемому уровню. Поведение работника

можно охарактеризовать как удовлетворительное.

Если $\text{ТС} > \text{ФС}$, то ЧФ – отрицательная величина. Количество ошибочных действий и вероятность возникновения несчастного случая превышает требуемый уровень. Работнику свойственно опасное поведение.

Таким образом, «Личная система управления охраной труда» является частью системы самоуправления человека и проявляется через поведение работника: безопасное ($\text{ЧФ} > 0$), удовлетворительное ($\text{ЧФ} \approx 0$), опасное ($\text{ЧФ} < 0$).

На рисунке 1 представлена структурная модель личной системы управления охраной труда.

Данная структурная модель представлена в виде четырёх блоков, основанных на способностях человека:

Блок управления и коммуникаций – опирается на Интеллектуальные способности (знания, навыки, опыт и умственные способности) и осуществляет общее руководство системой.

Блок контроля рабочей среды – опирается на Сенсорные способности (зрение, слух, обоняние, осязание, ощущение боли) и контролирует окружающую рабочую среду.

Блок защиты – опирается на Защитные способности (выносливость по отношению к факторам среды и трудового процесса) и обеспечивает устойчивость работы системы в рабочей среде.

Блок исполнения – который опирается на Физические способности (быстрота, сила, ловкость, гибкость) и обеспечивает выполнение ра-

Таблица 1. Конфликт систем «быт» - «работа»
Table 1. Conflict of the "life" - "work" systems

Место выполнения работ	Способности					Риски травматизма (оценка поведения)	
	интеллектуальные	сенсорные	защитные	физические	Возможный вред здоровью	Вероятность вреда здоровью	
В быту	Самостоятельное выполнение работ; не обучен, нет знаний, навыков и опыта	Органы чувств не способны (не обучены) выявить опасность (в частности, зрение)	как правило, отсутствие СИЗ	Не знает и не владеет специальными приемами пользования специальными инструментами для безопасного выполнения работ: -использование подручных средств (табурет, короб, стол); - выполнение работ без отключения высокого напряжения; - выполнение работы при недостаточном освещении	Переломы Ожог Травма глаза Удар током Падение	$\approx 10^{-3}$	
На производстве	Выполнение работ по прямому указанию руководителя; Работы выполняются специально обученный работник, имеющий знания, навыки, опыт	Органы чувств способны (обучены) выявить опасность (в частности, зрение)	При необходимости: диэлектрические перчатки, защитные очки.	Знает и владеет специальными приемами и инструментами для безопасного выполнения работ: -Использование специальных средств (стремянки и т.п.); - выполнение работ при отключённом высоком напряжении; - Выполнение работ с использованием дополнительного освещения (фонарь и т.п.)	Переломы Ожог Травма глаза Удар током Падение	$\approx 10^{-4}$	

ботником необходимые трудовые операции.

Все способности опираются на более глубокие характеристики человека - психологические, физиологические, анатомические, законы памяти и восприятия, доминанты Ухтомского и т.п. являются фундаментальной базой, которая обеспечивает существование и функционирование всех способностей работника. Целенаправленное формирование различных способностей без учета этой фундаментальной базы невозможно.

Способности человека формируются в процессе его деятельности, когда под влиянием внешних или внутренних факторов создаются условия, при которых прием выполнения определенного вида деятельности становится доминирующим и выполняется автоматически, без размышлений. Другие приемы выполнения этой деятельности человеком даже не рассматриваются, они подавлены доминирующими приемами.

В соответствии с работами А.А. Ухтомского и результатами других исследований [12-14] этот процесс – суть формирования доминанты поведения, с помощью которой объясняются многие аспекты поведения человека при выполнении работы.

Создаваемая в течении жизни «бытовая личная система управления безопасностью» определяет доминирующий способ поведения человека и уровень безопасности этого поведения в бытовых условиях, а формируемая на работе «Личная система управления охраной труда» определяет уровень безопасности поведения на производстве.

Поскольку для безопасного уровня поведения в быту формируется один набор способностей, а на работе – другой, зачастую возникают конфликты этих систем, что может привести к травме.

Рассмотрим более детально процесс возникновения конфликта этих систем управления и его влияние на травматизм.

В качестве примера конфликта систем приведем простую операцию по замене сгоревшей электрической лампы в помещении и сравним вероятность причинения вреда здоровью при выполнении действий в быту и на предприятии.

Как видно из таблицы 1, при замене лампы возможный вред здоровью на производстве и в быту одинаковый, но его вероятность разная, т.к. выполнение работ при отсутствии навыков безопасного выполнения, незнания существующих опасностей и непонимания последствий по на-

шим оценкам в разы повышает риски травматизма по сравнению с выполнением этой же работы на производстве – специально обученным человеком с использованием необходимых средств индивидуальной защиты и соблюдением правил безопасности.

Один из способов разрешения конфликта систем является управление доминантами с использованием методов и приемов переключения психофизиологического состояния работника с «быта» на «работу» и наоборот.

Переключение прежней доминанты (с быта) на новую (работа) особо важен для работников опасных производств, где зачастую в корне меняются сами представления об опасности. Например, если в домашних условиях потолок является своего рода «крышей» - надежной защитой от погодных условий, то для работников угольных предприятий «потолок» является зоной повышенной опасности из-за возможности обрушения.

Одним из перспективных подходов к переключению поведения работника с бытового на рабочее базируется на использовании четырех способов коррекции доминант А.А. Ухтомского [15].

Приведем примеры каждого такого способа коррекции (переключения) бытовой доминанты на рабочую при замене перегоревшей электрической лампы.

Первый – резкое ослабление доминанты в связи с ее естественным разрешением.

Лампа загорелась сама. Переключения доминант не нужно.

Второй способ – запрет, торможение «в лоб».

Данный способ переключения доминант является традиционным и основан на прямом запрете любых работ по ремонту электрического оборудования в категоричных выражениях приказного типа – «Нельзя!»; «Не трогай» и т.д.

Способ недостаточно эффективен, поскольку человек зачастую не понимает причины запрета, а сам режим запретов приводит к конфликтам между внутренними «хочу» и «нельзя», и, опираясь на бытовой опыт, человек может самостоятельно поменять лампу, поскольку считает, что запрет это неоправданная перестраховка.

Третий способ – переводение нужных действий в автоматизм.

Способ переключения достаточно эффективный, но требует длительного непрерывного обучения безопасным методам и приемам выполнения работ с разъяснением причин и пояс-

нением последствий ошибочных действий. В результате работник и не подумает самостоятельно заменять лампочку, а автоматически обратится с соответствующей заявкой к руководству.

Четвертый способ – торможение прежней доминанты новой. По мнению А.А. Ухтомского, данный способ является наиболее успешным.

Для переключения бытовой доминанты на производственную рекомендуются следующие приемы:

- информационный (предсменный инструктаж, плакаты, схемы, рисунки по ОТ и т.п.);
- эмоциональный (демонстрация трагических последствий от неправильных действий при самостоятельной замене электрической лампы, несчастных случаев и т.п., в видео и фото формате).

Эмоциональный прием, поскольку он активизирует долговременную эмоциональную память, пожалуй, является самым эффективным приемом переключения бытовой доминанты на рабочую.

В принципе все способы коррекции доминанты как по отдельности, так и в различных комбинациях, по-своему эффективны и могут обеспечить образование у работника условного рефлекса (по И.П. Павлову) - «Я на работе», который искусственно запускает «Личную систему управления охраной труда».

Результаты данной работы могут быть

использованы при разработке новых программ и технологий обучения работников по охране труда. Особое внимание в этих программах необходимо уделить высокоэффективным технологиям, приемам, способам обучения молодых работников с малым стажем работы. Это необходимо, потому что в первые месяцы и даже годы поведением молодых работников «управляет» «бытовая личная система управления безопасностью», что приводит к опасному поведению и, как следствие, к высокому травматизму. Для снижения этого травматизма необходимо ускоренное формирование «Личной системы управления охраной труда», которая обеспечит более высокий уровень безопасности их поведения на производстве.

В рамках данного подхода «Кузбасс-ЦОТ» планирует модернизацию «Видеоинформационного комплекса оценки и управления профессиональными рисками травматизма» в части создания специальной программы экспресс-обучения работников с малым трудовым стажем. Можно отметить, что «Видеоинформационный комплекс» в настоящее время успешно функционирует на более чем восьмидесяти предприятиях различных отраслей промышленности и на практике реализует концепцию непрерывного предсменного экспресс-обучения по охране труда [16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ILO Encyclopedia of Occupational Health & Safety. Human Factors in Accident Modelling.
2. Filho Anastacio. The Impacts of Human Factors in Fatal Workplace Accidents. 2012.
3. Heinrich H. W., Petersen D., Roos N. Industrial accident prevention: A safety management approach (5th ed.). 1980. New York: McGraw-Hill.
4. Энциклопедия по безопасности и гигиене труда, 4-е издание, перевод с английского. – Москва. – 2001. – 924 с.
5. Либерман А.Н. Техногенная безопасность: человеческий фактор. – Санкт-Петербург: Новый век. – 2006. – С. 103.
6. Human Factors in Patient Safety. Review of Topics and Tools. Report for Methods and Measures Working Group of WHO Patient Safety / World Health Organization. 2009.
7. Концепция человеческого элемента, принципы и цели Организации - резолюция ИМО А.850(2). Сборник № 8 резолюций ИМО. СПб.: ЗАО ЦНИИИФ, 1998. 419 с.
8. ICAO Doc 9806. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по проведению проверок безопасности полетов. Монреаль: ИКАО, 2010. 341 с.
9. Ворошилов Я.С., Ворошилов С.П., Ворошилов А.С., Седельников Г.Е., Тодрадзе К.Н., Новиков Н.Н., Фомин А.И. Количественная модель человеческого фактора // Безопасность жизнедеятельности. – 2022. – №6. – С. 3-10.
10. Дружилов С.А., Олещенко А.М. Психические состояния человека в труде: теоретический анализ взаимосвязей в системе «Свойства личности – Состояния – Процессы» // Психологические исследования. – 2014. – Т.7. – № 34. – С. 10.
11. Ильин Е.П. Психология риска / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2012. – 288 с.
12. Ворошилов Я.С., Ворошилов С.П., Ворошилов А.С., Седельников Г.Е., Тодрадзе К.Н., Новиков Н.Н., Фомин А.И. Формирование личной системы управления охраной труда с учетом человеческого фактора // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2022. – № 4. – С. 20-28.
13. Ухтомский А.А. Доминанта как фактор поведения // Доминанта. – СПб.: Питер, 2002. – С. 113–150.
14. Зуева Е.Ю., Ефимов Г.Б. Принцип доминанты Ухтомского как подход к описанию живого. – Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. – М.: 2010. – № 14. – С. 32-38.
15. Викентьев И.Л., Система "ТРИЗ-ШАНС", 1991г. Принцип доминанты А.А. Ухтомского URL: https://www.b17.ru/blog/dominanta_triz/?ysclid=ljwgc5nsvd876159435. (Дата обращения 12.04.2023г.).
16. Иванов Ю.М., Ли Х.У., Ворошилов А.С., Седельников Г.Е., Ворошилов С.П. Краткий анализ производственного

травматизма с учетом человеческого фактора на производственных единицах АО "СУЭК-Кузбасс" // Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 2. – С. 79-83.

REFERENCES

1. ILO Encyclopedia of Occupational Health & Safety. Human Factors in Accident Modelling.
2. Filho Anastacio. The Impacts of Human Factors in Fatal Workplace Accidents. 2012.
3. Heinrich H. W., Petersen D., Roos N. Industrial accident prevention: A safety management approach (5th ed.). 1980. New York: McGraw-Hill
4. Encyclopedia of Occupational Safety and Hygiene, 4th edition, translation from English. – Moscow. – 2001. – 924 pages.
5. Liberman A.N. Technogenic Safety: Human Factor. – Saint Petersburg: Novy Vek. – 2006. – P. 103.
6. Human Factors in Patient Safety. Review of Topics and Tools. Report for Methods and Measures Working Group of WHO Patient Safety / World Health Organization. 2009.
7. The Concept of the Human Element, the Principles and Goals for the Organization – IMO Resolution A.850 (2). Collection of IMO Resolutions No. 8. Saint Petersburg: ZAO TsNIIMF, 1998. 419 pages.
8. ICAO Doc 9806. Basic Principles of Human Factors Consideration in Flight Safety Audit Guide. Montreal: ICAO, 2010. – 341 pages
9. Ya.S. Voroshilov, S.P. Voroshilov, A.S. Voroshilov, G.E. Sedelnikov, K.N. Todradze, N.N. Novikov, A.I. Fomin. Quantitative Model of the Human Factor // Health and Safety. – 2022. – Issue 6. – P. 3-10.
10. S.A. Druzhilov, A.M. Oleshchenko. Psychic States of a Person at Work: theoretical analysis of interlinks in the Personality Traits – States – Processes system // Psychological Studies. – 2014. – V. 7. – Issue 34. – P. 10.
11. Ilyin E.P. Psychology of Risk / E.P. Ilyin. – Saint Petersburg: Piter, 2012. – 288 pages.
12. Ya.S. Voroshilov, S.P. Voroshilov, A.S. Voroshilov, G.E. Sedelnikov, K.N. Todradze, N.N. Novikov, A.I. Fomin. Development of a Personal Health and Safety Management System Taking into Account the Human Factor // Bulletin of the Scientific Center for Occupational Safety in Coal Industry. – 2022. – Issue 4. – P. 20-28.
13. A.A. Ukhtomsky. The Dominant as a Factor of Behavior // Dominant. – Saint Petersburg: Piter, 2002. – P. 113–150.
14. E.Yu. Zueva, G.B. Efimov. Ukhtomsky's Dominant Principle as an approach to describing the living. – Preprints of M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics of the Russian Academy of Sciences. – Moscow: 2010. – Issue 14. – P. 32-38.
15. I.L. Vikentyev, TRIZ-CHANCE system, 1991 The Dominant Principle of A.A. Ukhtomsky URL: https://www.b17.ru/blog/dominanta_triz/?ysclid=ljwgc5nsvd876159435. (Accessed on 12.04.2023).
16. Yu.M. Ivanov, H.W. Lee, A.S. Voroshilov, G.E. Sedelnikov, S.P. Voroshilov. Brief Analysis of Workplace Injuries Taking into Account the Human Factor at the Production Units of AO SUEK-Kuzbass // Industrial Occupational Safety. 2017. – Issue 2. – P. 79-83.





Н.С. Бакатина//N.S. Bakatina
n.bakatina.ak1mgka@gmail.com

Адвокат коллегии адвокатов «Московская городская коллегия адвокатов» Российская Федерация, г. Москва, Страстной бульвар, д. 6, стр. 2
Attorney at law of the bar Association "Moscow City Bar Association" 6 Strastnoy Boulevard, building 2, Moscow, Russian Federation



И.М. Лифшиц // I.M. Lifshits
i.lifshits@edaslawfirm.ru

Адвокат, старший партнер Адвокатского бюро «ЭДАС» г. Москва, доктор юридических наук. Российская Федерация, г. Москва, 1-й Голутвинский переулок, д. 1
Attorney at law, senior partner in EDAS Law Bureau, doctor of legal sciences 1, 1st Golutvinsky lane, Moscow, Russian Federation



А.В. Шаталова/A.V. Shatalova
a.shatalova@edaslawfirm.ru

Юрист Адвокатского бюро «ЭДАС» Магистр международного частного права Российская Федерация, г. Москва, 1-й Голутвинский переулок, д. 1
Lawyer of EDAS Law Bureau Master of Private International Law 1, 1st Golutvinsky lane, Moscow, Russian Federation

УДК

УГОЛОВНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ: РАСШИРЕНИЕ КРУГА ОТВЕТСТВЕННЫХ ЛИЦ CRIMINAL LIABILITY FOR VIOLATION OF INDUSTRIAL SAFETY REQUIREMENTS AT HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES: EXPANDING THE CIRCLE OF RESPONSIBLE PERSONS

В период с 2007 г. по 2021 г. в России произошло несколько крупных аварий, в связи с которыми к уголовной ответственности были привлечены не только рядовые работники угледобывающих предприятий, но и ведущие должностные лица компаний. Несмотря на то, что описание состава преступления, предусмотренного статьей 217 Уголовного кодекса РФ, является достаточно лаконичным – «нарушение требований промышленной безопасности опасных производственных объектов» – следователи и суды расширили сферу охвата данной статьи УК РФ. На практике следственные органы привлекают к уголовной ответственности ведущих должностных лиц угольных компаний, обладающих контрольными функциями и полномочиями по изданию приказов подчинённым работникам. Риски привлечения должностных лиц к уголовной ответственности за нарушение требований промышленной безопасности увеличиваются, если такие лица уполномочены согласовывать или утверждать планы горных работ, проекты разработки месторождений, планы ликвидации аварии и иные документы, имеющие отношение к организации добычи угля и системе безопасности. Факторами, влияющими на такие риски, являются также: финансовая заинтересованность в увеличении добычи угля, осведомленность о нарушениях требований промышленной безопасности опасных производственных объектов (ПБ ОПО), причастность к процессу финансирования мероприятий в сфере ПБ ОПО. В целях минимизации выявленных рисков авторы статьи на основе судебной практики и личного опыта работы предлагают ряд рекомендаций ведущим должностным лицам и собственникам угольного бизнеса, в том числе по изменению локальных нормативных актов предприятий и экспертной разработке проекта бюджета организаций. Одной из рекомендаций является создание в компании двух или нескольких единоличных исполнительных органов со строго регламентированными предметами ведения и компетенцией, что позволит улучшить систему управления и контроля в организации и снизит вероятность привлечения к уголовной ответственности должностных лиц, не имеющих отношения

к соблюдению требований ПБ ОПО.

Several major accidents occurred in Russia in the period from 2007 to 2021. Accused for the criminal violations for these accidents were minor/middle staff members of coal mining enterprises as well as top managers. Despite the fact that the description of the corpus delicti provided for in Article 217 of the Criminal Code of the Russian Federation is rather concise – “violation of the requirements of industrial safety of hazardous industrial facilities”, investigative authority and courts have expanded the scope of this article of the Criminal Code of the Russian Federation. In practice, the investigative authorities bring to criminal liability top managers of coal companies who have control functions and are empowered to issue orders to subordinate employees. The risks of bringing top managers to criminal liability for violating industrial safety requirements increase if such persons are authorized to coordinate or approve mining plans, field development projects, accident liquidation plans and other documents related to arranging of coal mining process and the security system. Between the factors influencing such risks can be mentioned: financial motivation in increasing coal production, awareness of violations of industrial safety requirements of hazardous industrial facilities, involvement in the process of financing activities in the field of industrial safety requirements. In order to minimize the determined risks, the authors of the article based on judicial practice and personal experience, offer a number of recommendations for top managers and owners of the coal business including amending local regulations of enterprises and expert draft of company’s budget. One of the recommendations concerns the establishment of two or more sole executive bodies in the company with strictly regulated competence. Such reformation will improve the management and control system in the company and reduce the likelihood of bringing to criminal liability top managers who are not related to compliance with the industrial safety requirements of hazardous industrial facilities.

Ключевые слова: ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, УГОЛОВНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СТАТЬЯ 217 УГОЛОВНОГО КОДЕКСА РФ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ, АВАРИЯ, УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ.

Key words: INDUSTRIAL SAFETY OF HAZARDOUS INDUSTRIAL FACILITIES, CRIMINAL LIABILITY, VIOLATION OF INDUSTRIAL SAFETY REQUIREMENTS, ARTICLE 217 OF THE CRIMINAL CODE OF THE RUSSIAN FEDERATION, OPERATIONAL CONTROL, ACCIDENT, COAL MINING ENTERPRISE.

ВВЕДЕНИЕ
Состав лиц, привлекаемых к уголовной ответственности за нарушения требований промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО), существенно расширился за последнее десятилетие. Если раньше за соответствующие нарушения ответственными лицами выступали инженерно-технические работники, осуществляющие непосредственную эксплуатацию ОПО, а также работники, осуществляющие организацию и обеспечение надлежащей эксплуатации ОПО, то по последним авариям, получившим широкую огласку, к ответственности привлекались также руководители предприятий и собственники угольных холдингов. Анализ с точки зрения теории (состав преступления, предусмотренного ст. 217 УК РФ) и судебной практики позволит выявить причины такого «широкого» подхода правоприменительных органов и сформировать основные риски привлечения лиц к уголовной ответственности и рекомендации для собственников «опасного» бизнеса.

В начале статьи проанализируем правовые основания привлечения ведущих должностных лиц организаций к уголовной ответственности за преступление, предусмотренное ст. 217 УК РФ (раздел 2). Затем определим основные риски привлечения к уголовной ответственности ведущих должностных лиц предприятий, эксплуатирующих ОПО, а также сформулируем рекомендации для собственников и должностных лиц предприятий, эксплуатирующих ОПО (раздел 3). В заключение подведем итог анализа (раздел 4).

II. Правовые основания привлечения ведущих должностных лиц угледобывающих организаций России к уголовной ответственности за нарушения требований промышленной безопасности ОПО.

Основанием для привлечения к уголовной ответственности по ст. 217 УК РФ является совершение преступления, выраженного в нарушении требований промышленной безопасности опасных производственных объектов (далее – ПБ ОПО), повлекшее по неосторожности: при-

чинение тяжкого вреда здоровью человека либо крупного ущерба¹ (ч. 1); смерть человека (ч. 2); смерть двух или более лиц (ч. 3).

В юридическом составе преступления содержатся 4 элемента: объект, объективная сторона, субъект и субъективная сторона. Наличие всех четырех элементов состава позволяет говорить о наличии преступления. Дефект одного из элементов позволяет прийти к выводу об отсутствии состава преступления в целом [1]. Проанализируем ниже три элемента состава преступления по ст. 217 УК РФ, имеющих практическое значение: объективная сторона, субъективная сторона и субъект.

Объективная сторона представляет собой совокупность трех признаков: действие или бездействие, общественно опасные последствия и причинная связь между ними. Согласно п. 1 Постановления Пленума Верховного Суда РФ от 29.11.2018 № 41² (далее – Постановление Пленума) действие или бездействие выражается в нарушении требований ПБ ОПО, т.е. условий, ограничений и других обязательных требований, содержащихся в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (далее – Закон о ПБ ОПО)³ и других федеральных законах Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»⁴, принимаемых в соответствии с ними нормативных правовых актах Президента РФ, Правительства РФ, а также в федеральных нормах и правилах в области ПБ ОПО.⁵

Согласно п. 2 Постановления Пленума судебный акт должен содержать конкретные положения нарушенных правил соответствующего уровня, ссылки на локальные нормативные акты (далее – ЛНА) могут быть сделаны *только в целях конкретизации* нарушенных государственных нормативных требований ПБ. В доктрине отмечается, что ЛНА не могут определять содержание уголовной противоправности, поскольку только общеприменимые нормативные акты фе-

дерального уровня должны составлять основу соответствующих норм УК РФ [2]. В противном случае могут быть нарушены принципы законности и равенства граждан перед законом ввиду различного содержания ЛНА на разных предприятиях (ст. ст. 3, 4 УК РФ). Однако на практике лица привлекаются к уголовной ответственности в случае неисполнения или ненадлежащего исполнения обязанностей, установленных как в федеральных нормативных правовых актах (далее – НПА)⁶, так и в ЛНА угледобывающего предприятия⁷. В связи с этим при определении круга лиц, привлекаемых к уголовной ответственности, большую роль играют обязанности таких должностных лиц, установленные в ЛНА.

Объективная сторона преступления по ст. 217 УК РФ чаще выражается в *бездействии*, например: «не обеспечено соответствие Положения о единой системе управления промышленной безопасностью и охраной труда установленным требованиям; не обеспечено наличие на предприятии в составе многофункциональной системы безопасности системы контроля пылевых отложений, системы контроля и управления средствами взрывозащиты горных выработок»⁸. Так, например, при расследовании аварии на шахте «Листвяжная» 2021 г. следственными органами было установлено, что должностными лицами предприятия не было обеспечено наличие исправных источников питания и метановых датчиков, а также современной системы определения местонахождения персонала в горных выработках шахты⁹. Салихов М.М. приводит следующие примеры бездействия: «непроведение экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов, ..., отсутствие аттестации у работников предприятия, ... ненадлежащее осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности» [3]. Профессор Бор-

6 См., например: Приговор Нерюнгринского городского суда № 1-40/2020 1-449/2019 от 7 мая 2020 г. по делу № 1-40/2020 (предприятие – Чумльманская ТЭЦ филиала «Нерюнгринская ГРЭС» АО «Дальневосточная Генерирующая Компания»)

7 См., например: Приговор Ухтинского городского суда № 1-10/2020 1-302/2019 от 3 июля 2020 г. по делу № 1-10/2020 (предприятие – Нефтешахта №2 ННПП «Яреганефть» ООО «Лукойл-Коми»); В Приговоре Ханты-Мансийского районного суда Ханты-Мансийского автономного округа от 10.05.2017 по делу № 1-67/2017 (предприятие – ООО «ИнвестОйл») объективная сторона преступления, предусмотренного ст. 217 УК РФ, обозначена следующим образом: «... нарушении требований законодательства, должностных обязанностей, нарушения производственно-технической дисциплины или правил безопасности производства».

8 См.: Решение Кемеровского районного суда Кемеровской области от 21.05.2020 по делу № 12-185/2020 (предприятие – шахта «Анжерская-Южная») ООО «Угольная Компания Анжерская-Южная».

9 См. информацию на сайте pravo.ru. URL: <https://pravo.ru/news/237240/?ysclid=1gdes6c3a178776910> (дата обращения: 23.06.2023). По информации от 13.01.2023, опубликованной на сайте Следственного комитета РФ, завершены следственные действия по 4 уголовным делам в отношении 17 обвиняемых, которые знакомятся с материалами, после чего эти дела планируется направить в суд. Соответственно, приведенные факты на дату написания настоящей статьи не были установлены вступившим в силу приговором суда. См. информацию по расследованию аварии на шахте «Листвяжная» на сайте Следственного комитета РФ. URL: <https://sledcom.ru/press/interview/item/1757305> (дата обращения: 23.06.2023).

1 Согласно Примечанию к ст. 216 УК РФ крупным ущербом признается ущерб, сумма которого превышает 500.000 рублей.

2 Текст Постановления Пленума Верховного Суда РФ от 29.11.2018 № 41 «О судебной практике по уголовным делам о нарушениях требований охраны труда, правил безопасности при ведении строительных или иных работ либо требований промышленной безопасности опасных производственных объектов» см. на официальном сайте Верховного Суда РФ. URL: <http://www.supcourt.ru/documents/owp/27377/> (дата обращения: 23.06.2023).

3 Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

4 Например, Закон РФ от 21.02.1992 № 2395-1 «О недрах».

5 См. ст. ст. 3, 9, 10 Закона о ПБ ОПО. К НПА, которые содержат требования ПБ ОПО, в частности, относятся: Постановление Правительства РФ от 18.12.2020 № 2168 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности»; Приказ Ростехнадзора от 08.12.2020 № 507 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» (Зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 № 61587).

чашвили И.Ш. в качестве примеров нарушений требований ПБ ОПО указывает на «превышение предельных норм концентрации взрывоопасных веществ, ..., несоблюдение требований проектной документации, необеспечение рабочих мест средствами очищения воздуха (вентиляция)» [4].

Примеры формулировок объективной стороны преступления по ст. 217 УК РФ, выраженной в виде бездействия должностных лиц угледобывающих предприятий, можно найти во вступивших в силу приговорах по уголовным делам. Так, при признании Междуреченским городским судом Кемеровской области начальника смены производственной службы ЗАО «Разрез Распадский» виновным в совершении преступления, предусмотренного ч. 3 ст. 217 УК РФ, было указано, что данное должностное лицо не исполнило свои должностные обязанности, а именно начальник смены производственной службы¹⁰:

- не принял исчерпывающих мер и надлежащим образом не организовал и не обеспечил исполнение п. 10, 15, 414, 415 «Правил безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом», п. 37, 38 «Правил безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», то есть не выдал работнику указание (наряд) на последующее ограждение представляющей опасность площадки для бурения участка АО «Разрез Распадский»;

- не осуществлял оперативный контроль за ведением подчиненным работником работ в соответствии с выданным им нарядом;

- не организовал безопасность труда работников предприятия.

В другом деле бездействие начальника участка подготовительных работ технической службы СП Шахта «Воркутинская» АО «Воркутауголь» выразилось в следующем¹¹: не проконтролировал соблюдение и не обеспечил условия для безопасного ведения работ в соответствии с законами, правилами и нормами по охране труда, ПБ; не обеспечил соблюдение требований и норм по охране труда, ПБ, правил технической эксплуатации оборудования на участке подготовительных работ и на ОПО; не проконтролировал и не обеспечил содержание горных выработок участка в надлежащем состоянии; не

организовал, не обеспечил и не проконтролировал надлежащее содержание и правильную эксплуатацию средств вентиляции; не поставил в известность своего непосредственного руководителя, главного инженера, директора шахты о нарушениях требований промышленной безопасности и не приостановил работу при наличии информации о нарушениях норм ПБ.

Ростехнадзор в программном акте сформулировал основные причины аварий на ОПО, в частности: отсутствие должного производственного контроля со стороны работников, ответственных за соблюдением требований ПБ; выполнение работ без осуществления организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасного производства работ; высокая степень износа основных фондов, эксплуатация неисправных машин и оборудования¹². Приведенные причины должны учитываться организациями, эксплуатирующими ОПО, в том числе должен проводиться производственный аудит, должностные лица таких организаций должны осуществлять производственный контроль. Зарубежные ученые отмечают, что, например, в Китайской Народной Республике одной из основных причин аварий на угольных шахтах стала ненадлежащая эксплуатационная и управленческая практика [5]. Следственная комиссия, проводившая расследование причин аварии на Руднике Анджан Хилл в Индии в 2010 г., отметила, что основной причиной аварии стала халатность и неспособность руководства шахты принять превентивные меры и обеспечить безопасность работников шахты [6].

Кроме того, одним из направлений расследования аварий, произошедших в результате нарушения правил ПБ ОПО, является проверка укомплектованности штата работников¹³. Так, следствие устанавливает факт достаточности или недостаточности на участке работников, в частности горных мастеров участка ВТБ для обеспечения контроля за состоянием рудничной атмосферы, за обработкой горных выработок инертной пылью¹⁴.

Таким образом, нарушением требований ПБ ОПО признается несоблюдение установлен-

12 См. Программу профилактики рисков причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности на 2023 г., утв. приказом Ростехнадзора от 20.12.2022 № Пр-450 (С. 10-14) на официальном сайте Ростехнадзора. URL: http://cntr.gosnadzor.ru/activity/profilaktika-pravonarusheniy-obyazatelnykh-trebovaniy/PR-450_20_12_2022.pdf (дата обращения: 23.06.2023).

13 В соответствии с абз. 6 п. 1 ст. 9 Закона о ПБ ОПО организация, эксплуатирующая ОПО, обязана обеспечивать укомплектованность штата работников в соответствии с установленными требованиями.

14 См. Решение Кемеровского районного суда Кемеровской области от 21.05.2020 по делу № 12-185/2020 (предприятие – шахта «Анжерская-Южная») ООО «Угольная Компания Анжерская-Южная».

10 См. Приговор Междуреченского городского суда Кемеровской области от 17.03.2020 по делу № 1-56/2020 на официальном сайте Междуреченского городского суда Кемеровской области. URL: <http://mezhdurechensky.kmr.sudrf.ru/> (дата обращения: 23.06.2023).

11 См. Приговор Воркутинского городского суда Республики Коми от 25.02.2022 по делу № 1-8/2022 на официальном сайте Воркутинского городского суда Республики Коми. URL: <https://vktsud.komi.sudrf.ru/> (дата обращения: 23.06.2023).

ных в федеральных НПА требований ПБ. Между тем органы следствия и суд также принимают во внимание нарушения ЛНА добывающих предприятий.

Следующим признаком объективной стороны преступления выступает *причинная связь*, которая в соответствии с п. 6 Постановления Пленума возникает между нарушением специальных правил и наступившими вредными последствиями. В судебной практике причинно-следственная связь устанавливается, даже если лицо не исполняло трудовую функцию в день аварии, но негативные последствия преступления стали возможны именно вследствие несоблюдения требований ПБ ОПО таким лицом¹⁵.

Важно отметить, что к уголовной ответственности могут привлекаться несколько лиц, *совокупные нарушения* которых привели к аварии и к последствиям, предусмотренным ст. 217 УК РФ. Дело в том, что нарушение требований ПБ ОПО одним лицом могут не привести к последствиям в виде аварии и гибели людей, однако вследствие наличия еще одного нарушения со стороны других лиц такие последствия могут наступить. Отечественными авторами отмечается, что «серьезные несчастные случаи никогда не являются результатом одной ошибки ..., а представляют собой комплекс взаимосвязанных событий ... в технологической, организационной и управленческой области» [7]. Аналогичная позиция отражена в зарубежной литературе [8].

Более того, к уголовной ответственности привлекаются также лица, не выполнившие возложенные на них *обязанности по контролю за действиями подчиненных лиц*¹⁶. Такой подход в судебной практике означает, что контрольные функции приравниваются к правилам охраны труда и ПБ (далее – ОТ и ПБ). В связи с чем к уголовной ответственности может быть привлечено практически любое лицо, наделенное полномочиями по управлению людьми на производстве или при выполнении работ.

При привлечении лица к уголовной ответственности имеет значение также его *управляющее воздействие* в форме приказов и иных прямых указаний о выполнении или невыполнении работниками конкретных действий. Выполнение подчиненными работниками противоречащего

требованиям ПБ приказа или распоряжения ответственного лица может привести к определенным УК РФ последствиям. В связи с этим лицо, давшее указание, которое привело к нарушению работником требований ПБ ОПО, привлекается к уголовной ответственности по ст. 217 УК РФ. Если же работники принимают самостоятельные решения, то именно их действия будут причиной наступления вредных последствий.

Таким образом, при привлечении к уголовной ответственности устанавливается причинная связь между действиями или бездействием лица и наступлением последствий, предусмотренных ст. 217 УК РФ. При установлении причинно-следственной связи суды принимают во внимание: нарушение лицом требований ОТ и ПБ, даже если лицо не выполняло трудовую функцию в день аварии; наличие у лица контрольных функций в области ОТ и ПБ; а также факты управляющего воздействия лица на других работников.

Субъективная сторона преступления, предусмотренного всеми частями ст. 217 УК РФ, выражается в неосторожной форме вины: в большинстве из доступных к анализу уголовных дел видом неосторожной формы вины является *преступное легкомыслие* – виновный предвидит возможность наступления общественно опасных последствий и без достаточных оснований самонадеянно рассчитывает на их предотвращение.

Следственные органы принимают во внимание ряд факторов, которые могут выступать в качестве *причины* или *мотива* совершения преступления, например, финансовая мотивация работников добывающих предприятий. В ЛНА многих эксплуатирующих организаций встречаются положения, устанавливающие доплаты или бонусы за выполнение в срок плановых работ по добыче полезных ископаемых. При этом в таких положениях доплаты за выполнение мероприятий по ОТ и ПБ либо не устанавливаются, либо предусмотрены в значительно меньшем объеме. При расследовании аварий органы следствия прямо приводят положения ЛНА в качестве обоснования наличия мотива лиц получить дополнительные выплаты, при этом не соблюдая требования ПБ ОПО¹⁷. В развитие тезиса о важности данного фактора следует отметить, что Президент РФ в начале 2022 г. поручил Правительству РФ обеспечить корректировку Феде-

¹⁵ См., например: Апелляционное постановление Кемеровского областного суда от 09.02.2022 по делу № 22-399/2022 (предприятие – АО «Разрез Раснадский»).

¹⁶ См., например: Решение Кемеровского районного суда Кемеровской области от 21.05.2020 по делу № 12-185/2020 (предприятие – шахта «Анжерская-Южная» ООО «Угольная Компания Анжерская-Южная»). Согласно должностной инструкции обвиняемого «задачей директора шахты в области промышленной безопасности является осуществление контроля за выполнением руководителями служб и ИТР должностных обязанностей по обеспечению требований промышленной безопасности».

¹⁷ См. информацию по аварии на шахте «Северная» АО «Воркутауголь» 2016 г.: «Случившееся стало следствием желания руководства предприятия выполнить план по добыче угля и избежать тем самым штрафных санкций со стороны вышестоящих руководителей». URL: <https://rg.ru/2022/03/04/reg-szfo/oglashen-prigovor-za-gibel-gornospasatelej-i-shahterov-shahty-severnaia.html?ysclid=lgbx4jrlyt142834668>; <https://www.interfax.ru/russia/681139> (дата обращения: 23.06.2023).

рального отраслевого соглашения по угольной промышленности, исключив из структуры условно-постоянной части заработной платы шахтеров *выплат, прямо или косвенно зависящих от количества добытого угля*¹⁸.

Таким образом, субъективная сторона преступления, предусмотренного ст. 217 УК РФ, выражается в преступном легкомыслии. Правоприменительными органами учитывается наличие в ЛНА эксплуатирующих ОПО организаций положений, устанавливающих меры поощрения за выполнение мероприятий по ОТ и ПБ, а также их соотношение с мерами поощрения за достижение производственных показателей.

В соответствии с п. 9 Постановления Пленума **субъектами преступления**, предусмотренного ст. 217 УК РФ, являются как работники организации, в которой произошел несчастный случай, так и другие лица, постоянная или временная деятельность которых связана с ОПО и которые обязаны соблюдать соответствующие правила и требования. Соответственно, требования Закона о ПБ ОПО, ФНиПов в области ПБ распространяются не только на должностных лиц и работников предприятий, являющихся ОПО, но и на иных лиц, чья деятельность связана с ОПО и которые обязаны соблюдать требования ПБ ОПО. В литературе в зависимости от характера возлагаемых на лицо требований ПБ ОПО выделяют три группы субъектов: 1) инженерно-технические работники, осуществляющие непосредственную эксплуатацию ОПО (горный мастер производственного участка); 2) работники, осуществляющие организацию и обеспечение надлежащей эксплуатации ОПО (начальник производственного участка); 3) лица, осуществляющие контроль за эксплуатацией ОПО (руководители предприятия, лица, осуществляющие производственный контроль) [9].

Субъектом преступления по ст. 217 УК РФ может являться не только лицо, непосредственно нарушившее определенные требования ПБ ОПО, но и должностные лица, *ответственные за осуществление контроля за соблюдением работниками требований ПБ или дающие обязательные указания для работников эксплуатирующих организаций*. Если обязанности по контролю за соблюдением требований ПБ ОПО возложены на лицо согласно его должностной инструкции, то *не имеет значения факт назначения таким лицом иных ответственных лиц*

[10]¹⁹. Следовательно, должностное лицо будет привлечено к уголовной ответственности, если согласно НПА или ЛНА на него возложена обязанность по контролю за соблюдением иными лицами требований ПБ ОПО. Включение лиц, осуществляющих контрольные функции, в круг субъектов уголовной ответственности, вероятно, объясняется тем, что отсутствие какого-либо контроля или ненадлежащие рекомендации по технике безопасности часто способствуют возникновению несчастных случаев и аварий [11].

В судебной практике субъектом преступления признается также лицо, на которое возложена обязанность *по обеспечению* соблюдения требований ОТ и ПБ²⁰. При анализе положений ст. 9.1. КоАП РФ можно сделать вывод, что в случае осуществления полномочий единоличного исполнительного органа компании *управляющей организацией*, к должностным лицам компании, ответственным за обеспечение соблюдения требований ОТ и ПБ относятся: лицо, к должностным обязанностям которого относятся вопросы технической политики и ПБ; в случае его отсутствия – лицо, осуществляющее полномочия единоличного исполнительного органа²¹.

Согласно сведениям по расследованию последних крупных техногенных аварий, к уголовной ответственности привлекаются: ведущие должностные лица материнских и управляющих организаций, имеющие полномочия по контролю за соблюдением нижестоящим (управляемым) предприятием требований ПБ; должностные лица, дающие указания работникам дочерних организаций; а также должностные лица, не принявшие меры по устранению заведомо известного им нарушения правил безопасности.

Так, при расследовании *аварии на ОАО «Распадская»* в 2010 г. к уголовной ответственности были привлечены директор ОАО «Распад-

19 См., например: Постановление Второго арбитражного апелляционного суда от 13.06.2019 № 02АП-3370/2019 по делу № А82-126/2019 (предприятие – АО «Метиз»); «суд апелляционной инстанции обращает внимание заявителя на то, что передача всех полномочий в области производственного контроля и эксплуатации опасного производственного объекта (в том числе в части, касающейся подписания необходимых документов) заместителю руководителя организации не исключает наличия и не влечет утрату соответствующих полномочий у непосредственного руководителя организации».

20 См., например: Приговор Пушкинского районного суда г. Санкт-Петербурга от 12 мая 2015 г. по уголовному делу № 1-17/2015 (предприятие – ЗАО «Монтажно-Строительное Управление №78»); Апелляционный приговор Санкт-Петербургского городского суда от 15 мая 2018 г. по уголовному делу № 22-1764/2018 (предприятие – ООО «Балтийская Инжиниринговая Компания»); Постановление Петровского районного суда № 1-46/2020 от 29 июля 2020 г. по делу № 1-46/2020 (предприятие – АО «Избердеевский элеватор»); Апелляционное постановление Верховного Суда Республики Коми № 22-995/2020 от 8 июля 2020 г. (предприятие – ООО «ЛукойлКоми»).

21 В примечании к ст. 9.1. КоАП РФ указано, что «под должностными лицами в организациях ... понимается лицо, осуществляющее полномочия единоличного исполнительного органа организации, а также лицо, выполняющее организационно-распорядительные или административно-хозяйственные функции в организации». Следовательно, генеральный директор или иной ЕИО являются субъектами административной ответственности. При этом в случае, когда полномочия ЕИО организации осуществляет юридическое лицо, «под должностным лицом понимается лицо, к должностным обязанностям которого относятся вопросы технической политики и промышленной безопасности. В случае отсутствия такого лица в управляющей организации под должностным лицом понимается лицо, осуществляющее полномочия единоличного исполнительного органа управляющей организации».

18 Перечень поручений по итогам совещания о ситуации в угольной отрасли Кузбасса, утв. Президентом РФ 03.01.2022 № Пр-2576 (пп. «а» п. 2 Перечня).

ская» – заместитель директора ЗАО «Распадская угольная компания», а также заместитель директора – технический директор ЗАО «Распадская угольная компания»²². Отметим, что уголовные дела в отношении всех лиц, привлеченных по аварии на шахте «Распадская», были прекращены за истечением срока давности привлечения к уголовной ответственности²³. При расследовании аварии на шахте «Северная» АО «Воркутауголь» в 2016 г. был осужден заместитель генерального директора (технический директор АО «Воркутауголь») ²⁴.

Помимо объективного критерия занятия определенной должности в организации, для признания лица субъектом преступления по ст. 217 УК РФ имеет значение факт делегирования ему соответствующих полномочий. Если судом установлено, что согласно трудовому договору или должностной инструкции на должностное лицо возложены обязанности по контролю за соблюдением требований ОТ и ПБ и с этими документами лицо ознакомлено, за нарушение положений таких ЛНА наступает уголовная ответственность. При этом лицо, фактически выполняющее специальную роль при отсутствии нормативно определенной обязанности, не должно признаваться субъектом нарушения специальных правил. Однако некоторые зарубежные ученые полагают, что лицо, фактически выполняющее конкретные обязанности по ОТ и ПБ, независимо от делегирования ему соответствующих полномочий, является субъектом уголовной ответственности за нарушение требований ОТ и ПБ [12].

Помимо надлежащего включения лица в сферу специальных правоотношений существенное значение имеет наличие у него *возможности* обеспечить выполнение правил ПБ. Отсутствие у ответственного лица реальной возможности, особой подготовки либо специальных средств, необходимых для обеспечения безопасности, исключает его уголовную от-

ветственность по ст. 217 УК РФ. Однако органы предварительного следствия часто обходят этот основополагающий принцип, указывая, что на должностное лицо, в силу занимаемой им должности руководителя, профессии, стажа работы, знаний, фактически возложена обязанность по организации и контролю за выполнением подчиненными лицами требований ПБ.

Таким образом, круг субъектов уголовной ответственности за преступление, предусмотренное ст. 217 УК РФ, достаточно широк: (1) работники организации, непосредственно нарушившие требования ПБ ОПО; (2) другие лица, чья деятельность связана с ОПО и которые обязаны соблюдать требования ПБ ОПО; (3) лица, ответственные за осуществление контроля за соблюдением работниками требований ПБ или дающие им обязательные указания.

III. Риски привлечения к уголовной ответственности ведущих должностных лиц предприятий, эксплуатирующих ОПО; и рекомендации для собственников и должностных лиц предприятий, эксплуатирующих ОПО.

Исходя из проведенного в настоящей статье анализа, могут быть сформулированы основные риски привлечения к уголовной ответственности ведущих должностных лиц предприятий, эксплуатирующих ОПО.

Во-первых, риск привлечения должностных лиц к уголовной ответственности за нарушение требований ПБ ОПО возникает, если на лиц должным образом были возложены полномочия по организации и осуществлению контроля за соблюдением требований ПБ. Кроме того, следует отметить, что включение должностного лица в круг специальных правоотношений в сфере ПБ может быть выражено в подчиненности такому должностному лицу работников, в чьи обязанности входит соблюдение требований ПБ, а также в разработке и утверждении ЛНА, включающих в себя вопросы ОТ, ПБ и экологии.

Во-вторых, риск привлечения ведущих должностных лиц к уголовной ответственности возникает в случае недостаточной организации материального и финансового обеспечения мероприятий по ПБ ОПО. Одной из главных составляющих в части соблюдения лицами требований ПБ ОПО является фактическая возможность такого соблюдения: наличие исправного оборудования, проведение внутренних проверок его функционирования и качества. В связи с чем необходимо направление достаточных финансовых ресурсов на обеспечение программы ПБ ОПО, в которую входит закупка оборудова-

22 См. информацию по аварии на ОАО «Распадская» 2010 г. URL: <https://www.rbc.ru/business/18/02/2016/56c6037c9a794757d4052894?ysclid=lgdfe2icwh444465425> (дата обращения: 23.06.2023). См. информацию по расследованию аварии на шахте «Распадская» на сайте Следственного комитета РФ. URL: <https://sledcom.ru/press/smi/item/1023712> (дата обращения: 23.06.2023).

23 См. Постановление Междуреченского городского суда Кемеровской области от 30.09.2016 по делу № 1-132/2016 (о прекращении уголовного дела в отношении подсудимого Веремеенко Ф.Ф.); Постановление Междуреченского городского суда Кемеровской области от 06.12.2018 по делу № 1-1/2018 (о прекращении уголовного дела в отношении подсудимых Белова И.Б., Дружинина А.А., Вальца В.А.); Постановление Междуреченского городского суда Кемеровской области от 13.03.2019 по делу № 1-1/2019 (о прекращении уголовного дела в отношении подсудимых Апалькова А.С., Радцева В.В., Рыжова А.М., Волкова И.И.) на официальном сайте Междуреченского городского суда Кемеровской области URL: <http://mezhdurechensky.kmr.sudrf.ru/> (дата обращения: 23.06.2023).

24 См. информацию по аварии на шахте «Северная» АО «Воркутауголь» 2016 г. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5240918?ysclid=lgdfer3kv0485656786> (дата обращения: 23.06.2023). См. информацию по расследованию аварии на шахте «Северная» на сайте Следственного комитета РФ. URL: <https://sledcom.ru/news/item/1661548> (дата обращения: 23.06.2023).

ния и товаров промышленного назначения, относящихся к производственной деятельности и к противоаварийной защите.

В третьих, финансовая заинтересованность работников угледобывающих предприятий может быть выделена в качестве отдельного риска. При расследовании масштабных техногенных аварий за период с 2007 г. по 2021 г. следователи учитывали финансовую заинтересованность (получение дополнительных выплат) лиц в качестве мотива нарушения должностных обязанностей в сфере ПБ ОПО. Способом устранения данного риска является установление в ЛНА организаций мотивации работников, направленной на соблюдение требований ПБ ОПО.

В четвертых, отдельным риском следует выделить знание должностного лица об очевидных и системных нарушениях требований ПБ ОПО в организации. Соответственно, органы следствия могут положить в основу обвинения факты осведомленности как руководителей, так и собственников организаций о допущенных нарушениях в сфере ПБ ОПО.

Одним из способов минимизации указанных рисков может стать изменение системы управления в крупных угледобывающих компаниях, а именно создание **двух или более единоличных исполнительных органов** (далее – ЕИО), например, директоров, каждый из которых имеет свой предмет ведения и компетенцию.

Ключевым моментом создания двух или более ЕИО является их независимость и разделение их предметов ведения. Если в предмет ведения первого ЕИО могут быть включены производство, техническая политика, ОТ и ПБ, экология, то предмет ведения других ЕИО (директоров, генеральных директоров, президентов) может включать бюджет и финансы, инвестиции, сбыт и снабжение, логистику. При указанном разделении второй ЕИО не должен выполнять полномочия и обязанности, не входящие в его предмет ведения, в том числе не должен давать указания первому ЕИО и иным работникам по вопросам соблюдения требований ОТ и ПБ.

При этом полномочия двух или более ЕИО по некоторым вопросам могут пересекаться, в связи с чем в уставе общества должен быть предусмотрен порядок взаимодействия этих ор-

ганов. Например, при разработке одним ЕИО проекта бюджета общества другой ЕИО, ответственный за промышленную безопасность должен представить письменное заключение в части достаточности финансирования программы ОТ и ПБ. Только вместе с таким письменным заключением проект годового бюджета может быть представлен на утверждение совету директоров / общему собранию участников общества.

Таким образом, можно предоставить собственникам угольного бизнеса следующие рекомендации: 1) положение об оплате труда работников должно предусматривать зависимость получения премий не только от производственных и финансовых показателей, но и от соблюдения работниками требований ПБ ОПО; 2) система управления угольного предприятия может предусматривать несколько единоличных исполнительных органов с отдельными предметами ведения и закреплением вопросов промышленной безопасности только за одним директором; 3) достаточное финансирование мероприятий по ПБ ОПО должно подтверждаться ответственными и компетентными в данной сфере лицами в письменной форме.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нарушение требований ПБ ОПО выражается не только в несоблюдении работниками самих требований, но и в ненадлежащем выполнении должностными лицами своих контрольных функций. Исходя из практики, реструктуризация бизнеса в виде создания холдингов не исключает ответственность должностных лиц материнских компаний в случае их осведомленности о систематических нарушениях требований ПБ в дочерних организациях и непринятия мер по устранению таких нарушений. Наилучшим вариантом снижения рисков аварии на производстве, по мнению авторов, может стать создание в организации двух или нескольких независимых единоличных исполнительных органов с отдельными предметами ведения и компетенцией. Такие структурные изменения, как и соблюдение указанных в настоящей статье рекомендаций позволят обеспечить вертикальную систему контроля за соблюдением требований ПБ в организациях, а также систему достаточного финансового обеспечения программы ОТ и ПБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихомирова Л.А. Пределы осуществления контрольно-надзорных мероприятий в области промышленной безопасности // СПС КонсультантПлюс. 2020.
2. Толкаченко А.А., Ляскало А.Н. Спорные вопросы уголовно-правовой квалификации нарушений правил охраны

- труда и техники безопасности // Уголовное право. 2019. № 5. С. 91, 89-99.
3. Салихов М.М. К вопросу об объективных признаках нарушения требований промышленной безопасности опасных производственных объектов // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2020. № 10. С. 178, 176-180. DOI: 10.23672/s0193-0093-0223-z.
 4. Борчашвили И.Ш. Комментарий к Уголовному Кодексу Республики Казахстан: Особенная часть. Т. 2. / И.Ш. Борчашвили. – А.: Жеті Жарғы. 2015. – 583 с.
 5. Wu B., Wang J., Qu B., Qi P., Meng Y. Development, Effectiveness, and Deficiency of China's Coal Mine Safety Supervision System // Resources Policy. 2023. No. 103524. Vol. 82. P. 1, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103524>.
 6. Aashish Sahu, Devi Prasad Mishra. Coal mine explosions in India: Management failure, safety lapses and mitigative measures // The Extractive Industries and Society. 2023. No. 101233. Vol. 14. P. 13, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101233>.
 7. Пономаренко Д.В., Лесных В.В., Бочков А.В. Современные подходы к мониторингу состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов // Проблемы анализа риска. 2018. № 1. С. 11, 6-17. УДК 303.732.4: 614.8.
 8. Marhavilas P., Koulouriotis D., Nikolaou I., Tsotoulidou S. International Occupational Health and Safety Management-Systems Standards as a Frame for the Sustainability: Mapping the Territory. Sustainability. 2018. No. 10: 3663. P. 2, 1-26. <https://doi.org/10.3390/su10103663>.
 9. Салихов М.М. О субъекте преступления, предусмотренного статьей 217 УК РФ // Государственная служба и кадры. 2020. № 2. С. 119, 117-120. DOI: 10.24411/2312-0444-2020-10084.
 10. Кочанова Т. Привлечение к уголовной ответственности за нарушение правил охраны труда // Трудовое право. 2019. № 1. С. 21 - 30. Доступно в СПС КонсультантПлюс.
 11. Osei-Asibey D., Ayarkwa J., Acheampong A., Adinyira E., Amoah P. An Examination of Causes of Accidents and Hazards in the Ghanaian Construction Industry // Open Journal of Safety Science and Technology. 2021. No. 2. Vol. 11. P. 69, 82-83, 66-88. DOI: 10.4236/ojsst.2021.112006.
 12. Popescu I., Romandas N., Lohan N., Albuлесcu A., Mihalache E., Baciu C. Criminal liability in case of infringement of the rules on occupational safety and health and the occurrence of accidents at work – subjects of the offenses. MATEC Web of Conferences. 290. 12002. 2019. P. 3, 1-5. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929012002>.

REFERENCES

1. Tikhomirova, L.A. (2020). Limits of implementation of control and supervisory measures in the field of industrial safety. KoscultantPlus [in Russian].
2. Tolkachenko, A.A., & Liaskalo, A.N. (2019). Controversial issues of criminal law qualification of labor protection and safety regulation violations. Ugolovnoie Pravo – Criminal Law, 5, 89-99 [in Russian].
3. Salikhov, M.M. (2020). On the issue of hazardous production facility industrial safety requirements violation objective signs. Gumanitarnyye, sotsial'no-ekonomicheskkiye i obshchestvennyye nauki - Humanitarian, socio-economic and social sciences, 10, 176-180 [in Russian].
4. Borchashvili, I. Sh. (2015). Commentary on the Criminal Code of the Republic of Kazakhstan: Special Part. A: V. 2. Zheti Zhargy[in Russian].
5. Wu B., Wang J., Qu B., Qi P., Meng Y. (2023). Development, Effectiveness, and Deficiency of China's Coal Mine Safety Supervision System // Resources Policy. No. 103524. Vol. 82. P. 1, 1-8. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103524>
6. Aashish Sahu, & Devi Prasad Mishra. (2023). Coal mine explosions in India: Management failure, safety lapses and mitigative measures. The Extractive Industries and Society. No. 101233. Vol. 14. P. 13, 1-16. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101233> [in English].
7. Ponomarenko, D.V., Lesnykh, V.V., & Bochkov, A.V. (2018). Modern approaches to monitoring the state of hazardous production facility industrial safety. Problemy analiza riska - Problems of risk analysis, 1, 6-17 [in Russian].
8. Marhavilas P., Koulouriotis D., Nikolaou I., & Tsotoulidou S. (2018). International Occupational Health and Safety Management-Systems Standards as a Frame for the Sustainability: Mapping the Territory. Sustainability. No. 10: 3663. P. 2, 1-26. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su10103663>. [in English].
9. Salikhov, M.M. (2020). O sub'yekte prestupleniya, predusmotrennogo stat'yey 217 UK RF [About the subject of the crime provided for by Article 217 of the Criminal Code of the Russian Federation]. Gosudarstvennaya sluzhba i kadry - Public service and personnel, 2, 117-120 [in Russian].
10. Kochanova, T. (2019). Bringing to criminal liability for violation of labor protection rules. Trudovoe parvo - Labor law, 1, 21-30 [in Russian].
11. Osei-Asibey D., Ayarkwa J., Acheampong A., Adinyira E., Amoah P. (2021). An Examination of Causes of Accidents and Hazards in the Ghanaian Construction Industry // Open Journal of Safety Science and Technology. No. 2. Vol. 11. P. 69, 82-83, 66-88. DOI: 10.4236/ojsst.2021.112006.
12. Popescu I., Romandas N., Lohan N., Albuлесcu A., Mihalache E., & Baciu C. (2019). Criminal liability in case of infringement of the rules on occupational safety and health and the occurrence of accidents at work – subjects of the offenses. MATEC Web of Conferences. 290. 12002. P. 3, 1-5. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929012002>

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



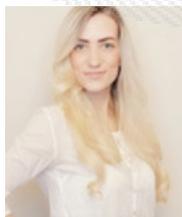
И.М. Угарова //I.M. Ugarova
ugarova260304@mail.ru

аспирант кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» ФГБОУ ВО «КемГУ», г. Кемерово. Россия, 650056 г. Кемерово, Бульвар Строителей, д. 47.
postgraduate student of the Department of Technospheric Safety, FGBOU VO "Kemerovo State University" Kemerovo, Russia, 650056 Kemerovo, Boulevard Stroiteley, 47



М.В. Просин //M.V. Prosin
prosinmv@yandex.ru

канд. техн. наук, доцент Кемеровский государственный университет, кафедра Техносферная безопасность Россия, г. Кемерово, Бульвар Строителей, д. 47.
candidate of technical sciences, Associate Professor, Kemerovo State University, Department of Technosphere Safety Kemerovo, Russia, 650056 Kemerovo, Boulevard Stroiteley, 47



А.С. Ушакова//
A.S. Ushakova
mix230387@yandex.ru

канд. техн. наук, доцент Кемеровский государственный университет, кафедра Техносферная безопасность Россия, г. Кемерово, Бульвар Строителей, д. 47.
candidate of technical sciences, Associate Professor, Kemerovo State University, Department of Technosphere Safety Kemerovo, Russia, 650056 Kemerovo, Boulevard Stroiteley, 47



Ю.С. Анисимова//
Yu.S. Anisimova
julcha_2003@mail.ru

студент Кемеровский государственный университет, кафедра Техносферная безопасность Россия, г. Кемерово, Бульвар Строителей, д. 47.
student, Kemerovo State University, Department of Technosphere Safety Russia, 650056 Kemerovo, Boulevard Stroiteley, 47

УДК 398.315:101.8

ФИЛОСОФСКОЕ ОСМЫСЛЕНИЕ ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ИСТОКОВ ЗАРОЖДЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ **PHILOSOPHICAL UNDERSTANDING OF SET-THEORETIC CONCEPTS ON THE EXAMPLE OF THE ORIGINS OF THE ORIGIN OF FIRE SAFETY**

В статье рассмотрена эволюция представлений человечества об огне различных выдающихся деятелей науки, а именно Анаксимена, Гераклита, И.И. Бехера, Г. Э. Шталь, М. В. Ломоносова, А. Лавуазье, А. В. Майкельсон. Также обращено внимание на зарождение мер противопожарной защиты. Выявлено, что с времен раннего эллинизма для тушения пожаров использовались поршневые насосы. Немалое внимание уделено философскому осмыслению теоретико-множественного представления на примере истоков зарождения пожарной безопасности, которая является одной из составляющих благополучного существования всего человечества. Рассматривается с точки зрения теоретико-множественного подхода комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности, а также, частично, трудовой процесс государственной противопожарной службы.

The article examines the evolution of mankind's ideas about fire by various outstanding figures of science, namely Anaximenes, Heraclitus, I.I. Becher, G. E. Stahl, M. V. Lomonosov, A. Lavoisier, A.V. Michelson. Attention is also drawn to the emergence of fire protection measures. It has been revealed that since the time of early Hellenism, piston pumps have been used to extinguish fires. Considerable attention is paid to the philosophical understanding of the set-theoretic representation on the example of the origins of the origin of fire safety, which is one of the components of the prosperous existence of all mankind. The complex of measures to ensure fire safety, as well as, in part, the labor process of the state fire service, is considered from the point of view of a set-theoretic approach.

Ключевые слова: ОГОНЬ, ПОЖАР, ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД, ФИЛОСОФИЯ НАУКИ, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЧРЕЗВЫЧАЙНАЯ СИТУАЦИЯ, ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ, ОГРАНИЗАЦИЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА.

KEY WORDS: FIRE, FIRE, SET-THEORETIC APPROACH, PHILOSOPHY OF SCIENCE, FIRE SAFETY, EMERGENCY, GORENJE PROCESS, FIRE EXTINGUISHING ORGANIZATION.

Введение
Существуют свидетельства того, что большинство ранних цивилизаций делали успехи в контроле и понимании природы. Вначале наука и магия считались одним и тем же, а огонь напротив оставался самым могущественным, но загадочным явлением на протяжении многих тысячелетий. Именно открытие человечеством огня дало толчок эволюции в технологический вид. Его использовали для изготовления инструментов, приготовления пищи и разработки новых материалов. Это позволило человечеству проводить больше времени вместе, поскольку дневной свет сокращался, что, по мнению некоторых антропологов, привело к развитию языка и, в конечном итоге, общества в целом [1].

Огонь породил человечество. Его почитали, боялись, поклонялись и злоупотребляли. Сила огня привела древних философов по всему миру к выводу, что огонь был элементом наряду с землей, ветром и водой. Фундаментальная и нерушимая, универсальная сила природы. Вся наука и магия были основаны на этих четырех классических элементах, и считалось, что все, что существовало, было сделано из них.

В темные века были распространены магия, колдовство и суеверия. Последовали столетия невежества – пока в средневековом исламском мире не начала появляться наука, из которой идеи экспортировались и продавались по всему миру. Но даже в эпоху возрождения в Европе огонь все еще рассматривался как элементарная, фундаментальная сила, заключенная в материалах, а не как процесс.

Теория флогистона сохранялась более 100 лет, до открытия кислорода в 1772 году.

Используя огонь в повседневной жизни, человечество само того не подозревая, преднамеренно сделало его более смертоносным и опасным явлением.

Цель данной работы – рассмотрение теоретико-множественного представления на примере истоков зарождения пожарной безопасности, которая является одной из составляющих благополучного существования всего человечества.

Эволюция представлений человечества об огне

В глубокой древности огонь считался сверхъестественной и разрушительной силой. На протяжении всей истории развития человечества знания о природе, огне, пожаре и процессах горения лишь только накапливались. Человечество осознало, что с огненными элементами природы можно и даже нужно бороться, хотя опасность была, есть и будет весьма огромной.

Для древних людей огонь – это божественный дар, который был доставлен на землю в виде молний, лесных пожаров или горящих лав. Не обладая возможностью себе добыть огня, древние народы пытались поддерживать уже горящие медленно поленья или переносить в горшках угли. Остается загадкой, где, как и когда человек научился создавать пламя. Но есть большая вероятность, что огонь является вторичным изобретением, которое случайно возникает в процессе изготовления инструментов из древесины или камней.

Анаксимен - древнегреческий философ Милетской школы натурфилософии VI в. до н. э. Он считал, что все вещества получаются посредством сгущения и разряжения воздуха. Так вода, испаряясь, превращается в воздушное испарение, которое поднимается вверх. Затем происходит его разряжение и превращение в огненные небесные светила. В свою очередь твердые вещества, такие как земля или камни, это сгустившийся и застывший воздух.

Между VI и V веками до нашей эры другой древнегреческий философ-материалист, Гераклит, утверждал, что огненная стихия природы, то есть огонь - это первовещество и первосила всех веществ и материй. Благодаря огненным элементарным изменениям в природе материя и вещество превращаются в воду и землю, в результате чего единое становится многим и всем. Данное суждение вытекает из общих положений трактуемой философии Гераклита. Он убежден, что весь мир изменчив, подвижен и текуч, нет ничего абсолютно постоянного и устойчивого. Так и с процессами горения, огонь стремится постоянно перейти в новое состояние, по мнению философа-материалиста «все течет, все меняется» [2].

И. И. Бехер в 1669 году выдвинул идею о существовании в окружающей среде «жирной» или «маслянистой» земли приняв это за «принцип горючести». По его мнению, существующая земля присутствует во всех горючих веществах, которая высвобождается при горении. Весьма туманные представления Бехера были поддержаны его последователем немецким врачом, химиком и теоретиком Г. Э. Шталем. Ученый стал широко известен после того, как обосновал благоприятную позицию по теории, выдвинутой Бехером в отношении горения. Георг Шталь считал огонь не определенным веществом, а не что иное, как собрание телец, которые находятся в постоянном сильнейшем вихревом движении. Именно он постулировал существование горючего элемента, названного флогистоном. Из основных положений теории флогистона следует, что флогистон содержится во всех горючих телах, а также вихреобразные движения горючего элемента представляют собой видимый огонь. Данная теория была полностью принята в научных кругах и пользовалась всеобщим признанием. Тем не менее, Г. Э. Шталь не редко утверждал, что авторство данной теории всецело принадлежит Бехеру. Так, например, Д. И. Менделеев заявлял, что теория флогистона обобщила многие реакции окисления, что явилось важным достижением в познании науки [3].

Однако спустя некоторое время теория флогистона была поставлена под сомнение ряда ученых. Так, французский химик А. Лавуазье был первым, кто подверг теорию критике. В своих замечаниях А. Лавуазье проводит параллели между характеристикой флогистона и характеристикой «огненной материи», предложенной М.В. Ломоносовым 30 годами ранее. Лавуазье вносит значительный вклад в науку многими работами, посвященными разрыву звеньев цепи (вода, воздух, земля, ветер). Ученый посвятил большое количество работ исследованию в области процессов горения различных веществ и материалов. Так им было отмечено, что в процессе горения выделяются или поглощаются вещества, образующие воздух. Дальнейшие обширные исследования французского химика подвергли сомнению основные положения теории флогистона. Лавуазье первым объяснил роль кислорода в процессе горения. Эксперименты с горючим воздухом (водородом) и определение количественных и качественных характеристик воды стали заключительным этапом в формировании кислородной теории, которая в дальнейшем становится одной из важней-

ших теорий в химических науках.

Наука о процессах горения начинается с открытия М. В. Ломоносова в 1756 г, который был экспериментально подтвержден на примере обжигания металлов в запаянных сосудах. На момент истолкования им сущности процесса горения состав воздух был еще неизвестен. «Соединение вещества с воздухом» именно так истолковывает процесс горения М. В. Ломоносов. Позже данное открытие приобретает статус одного из фундаментальных законов природы. Однако Антуан Лоран Лавуазье трактует загадочный процесс горения уже как не просто соединение материала с воздухом, а именно с кислородом воздуха [4].

К концу девятнадцатого века возникли учения в области распространения огня (пламени) с помощью фотографических изображений. Исследования проводились французскими химиками Маляр и Ле-Шетелье. Ученые дали количественную оценку скорости процесса горения, а также его механизма и характера распространения. Однако ученый А. В. Майкельсон не только определил скорость распространения пламенного горения по поверхности вещества и материала, но и описал его механизм. Также им было обнаружено, что спонтанная и непрерывная культура распространения пламени является самым важным и самым фундаментальным свойством процесса горения. Именно он вводит понятие «фундаментальной», а позже «нормальной» скорости распространения пламени, уточняя, как ее рассчитать и определить.

Процесс горения – это знаковое явление при возникновении пожара. Как правило, ликвидация пожара сводится к замедлению, а в лучшем случае и вовсе к прекращению горения. То есть все действия направлены на окончательное прекращение горения, а также на возможность его повторного возникновения. Одним из самых эффективных способов обеспечения пожарной безопасности можно выделить создание таких условий, в которых возможное появление процесса горения сводится к минимуму. Однако если пожар всё же возник, то его необходимо локализовать и ликвидировать. Именно об этом человечество и задумывалось в древние времена, что приводит к возникновению первых мер пожарной безопасности [5].

Зарождение мер противопожарной защиты

Первоочередной задачей человечества при ликвидации пожара было потушить пламя.

С этой целью использовались двухколесные или четырехколесные повозки, оснащенные таранами. Основная их функция – это разрушение горящего здания. Также менее интенсивные пожары можно было потушить с помощью воды. Все перечисленные действия аналогичны тушению костра в основные периоды истории, когда не возникало трудностей загасить пламя небольшим количеством воды или же наоборот, растащив из центра горящие поленья.

Народы древнего мира достаточно рано осознали, что различные противопожарные средства способны преградить путь к распространению огня. Основное огнетушащее средство охлаждения, используемое для большинства материалов, являлась вода. Со временем люди начали задаваться вопросом о создании соответствующих сооружений в целях хранения запасов водных ресурсов для пожаротушения. Например, различные емкости, которые можно было наблюдать вблизи жилищ, а также естественные или искусственно созданные человеком водоемы. Известны случаи защиты зданий и сооружений сырой кожей, а «бамбуковые трубки» использовали для подачи воды непосредственно в очаг пожара, чтобы сбить пламя.

Для тушения пожаров использовались и поршневые насосы, конструктивная форма которых была известна с раннего эллинистического периода. Так, например, конструкция всасывающего насоса была известна Аристотелю. Но стоит отметить, что Гиппократ упоминает простейшую форму насосного устройства, подающего узкую струю воды. Конструктивную форму насосного устройства представлял свиной пузырь, в котором были установлены костяные или ме-

таллические трубки. Принцип действия в том, что при нажатии на пузырь вода, проходя сквозь установленные трубки, разбрызгивалась и тем самым осуществлялся процесс тушения пожара.

Во II-I вв. до н.э. древнегреческий изобретатель, математик и механик Ктесибий изобрел толкающий водяной насос ручного действия, в дальнейшем именуемый двухцилиндровый поршневой насос (рисунок 1). По описанию римского архитектора Витрувия данная машина способна была «выбрасывать при помощи воздушного давления воду по трубе вверх». В основном данная модель насоса применялась для поднятия воды из колодца, в целях создания сильной направленной струи. Водяной насос ручного действия включает в себя все основные конструктивные элементы пожарного насоса нынешнего времени. Схема конструкции водометной машины Ктесибия настолько удачна, что даже спустя несколько тысяч лет она подверглась незначительным изменениям.

Однако в первом и втором веках нашей эры конструкция ктесибейской насосной системы была усовершенствована греческим математиком и механиком Героном Старшим. Его насос состоял из двух металлических цилиндров, соединенных между собой трубой с открытым клапаном наружу. В нижней части цилиндров находилось отверстие, закрытое гладкой откидной пластиной (клапанной заслонкой), а вертикальная вильчатая трубка была снабжена соплом, похожим на кран, через которое выливалась вода. Насос приводился в действие с помощью двух людей, которые по очереди нажимали на плечо рычага.

Более поздняя модель насосной установ-

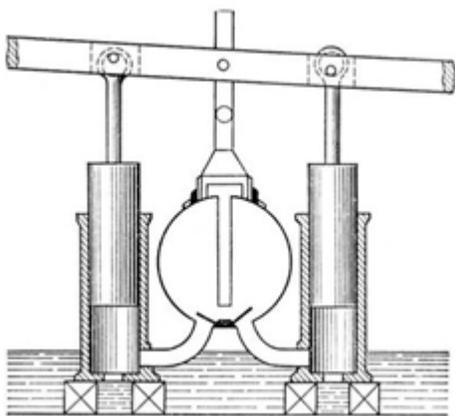


Рисунок 1. Двухцилиндровый поршневой насос Ктесибия
Figure 1. Ktesibia Double Cylinder Piston Pump

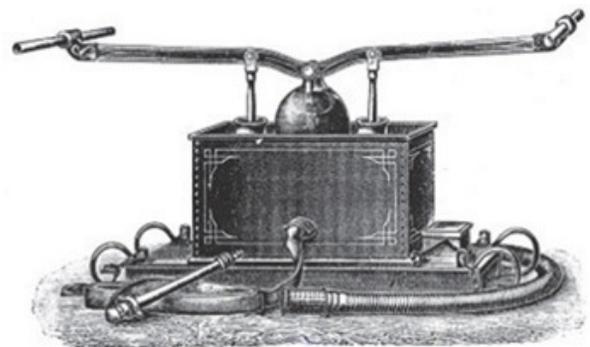


Рисунок 2. Заливная труба
Figure 2. Fill pipe

ки была получена путем успешного применения конструкции ктесибейского насоса. Единственное их различие заключалось в том, что корпус насоса находился в ящике, в который заливалась вода для дальнейшего приведения его в действие. Позже данная модель насосной установки получило название «заливная труба» (рисунки 2).

К проблеме частых и бурных пожаров подошли и с административно-юридической точки зрения. Вводились противопожарные строительные нормы, комендантские часы и строжайшие наказания за случайный или умышленный поджог. Противопожарная защита являлась основным вопросом безопасности для всех зданий и сооружений. Разрабатывались и создавались новейшие способы локализации и ликвидации пожаров, в целях минимизации причинения вреда жизни и здоровья гражданам, а также сохранения материального благосостояния. Однако соблюдение всех требуемых норм пожарной безопасности не дает полной гарантии исключения возможности возникновения процесса горения [6].

Адекватность теоретико-множественного подхода на примере пожарной безопасности

Георг Кантор, немецкий математик, изобрел теорию множеств. Теория множеств - это часть математической логики, которая анализирует множества, состоящие из неформальной группировки объектов. Множество - это группа объектов или совокупность объектов. Эти объекты обычно называются элементами или членами множества. Теория множеств разделена на несколько вариантов, каждый со своим собственным набором правил и аксиом. Применим теоретико-множественный подход и к комплексу мер пожарной безопасности, которые предполагают предотвращение возникновения чрезвычайной ситуации [7].

Данный комплекс мер включает в себя ряд определенных правил – это и есть не что иное, как множество. Например, в определенных местах должны быть проведены и, главное, изолированы электрические провода, а в соответствии с планами здания в требуемых местах установлены огнетушители и пути эвакуации. Все эти требования необходимы для обеспечения максимальной пожарной безопасности здания, в частности организации. Однако, когда в математике создано правило, то при возникновении несоответствий сами правила подверга-

ются критике за то, что они неадекватно представляют определенный рабочий процесс. Что же касается соблюдения всех требуемых норм пожарной безопасности, то следует отметить следующее: возникновение пожара возможно, как при соблюдении всех требуемых норм пожарной безопасности, так и при отсутствии первых средств пожаротушения.

Так, в курсе математики средней школы, когда арифметический квадратный корень рассматривается как функция и подвергается дифференцированию на заданном интервале, то возможен риск получения нуля. При этом все дифференциальное исчисление не подвергается сомнению, а лишь сигнализирует нам о том, что в нуле данная функция не дифференцируема. Еще одним примером может служить коммутативный закон умножения. Когда в школьной программе работаешь с математическими исчислениями, цифрами, то данный закон не подвергаешь сомнению. Однако, если за основу анализа взять матрицы, то тут уже данный закон работает лишь в случае с «перестановочными» матрицами. Из этого следует, что нормы пожарной безопасности носят вероятностный характер, а никак не аксиоматический. Иными словами, нет 100% гарантии, что изолированные провода не будут подвержены процессу горения, однако вероятность их возгорания значительно меньше, чем вероятность возгорания голых проводов. Отсюда следует, что комплекс мер пожарной безопасности актуален в любом случае, поэтому достаточно описать эти правила как единый комплекс. Может лишь возникнуть вопрос о полноте предлагаемых мер. Вероятно, комплекс мер пожарной безопасности не является таковым и именно с этой целью он постоянно развивается, совершенствуется и добавляется по сей день.

Теперь рассмотрим деятельность пожарной охраны в случае возникновения чрезвычайной ситуации. В момент поступления на дежурство создаются пожарные расчеты - множества. Например, изначально имеется множество пожарных (единое множество). Дальше будем строить разбиения этого множества. Допустим, провели расчет элементов этого множества (пожарных) и присвоили каждому элементу порядковые номера от 1 до 4. На практике это выглядит следующим образом: выстроенные в шеренгу пожарные разделились на первого - четвертого. Это напоминает функцию Дирихле, где рациональное число отображается в единицу, иррациональное - в ноль. Здесь первый

пожарный отвечает за руководство расчетом, второй - водитель машины, третий - определяет тип опасности и тактику локализации или ликвидации пожара, четвертый проводит расчеты по формулам (например, расчет контрольного давления в баллоне, при котором звену газодымозащитной службы необходимо выйти из непригодной для дыхания среды).

Также в качестве множества можно представить должностные обязанности пожарных, которые подразумевают проведение аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров, спасением людей, имущества и оказания первой помощи пострадавшим при пожарах. Здесь, безусловно, можно сказать, что все обязанности не носят вероятностный характер, не являются абстрактными, ведь для того, чтобы выполнять соответствующие должностные функции пожарный должен обладать некоторым комплексом знаний и умений, который также описан множеством. Таким образом, деятельность пожарного сводится к четкому алгоритму «если ..., то ...», в уставах госслужб, как правило, всегда содержится достаточно ответов на вопросы как действовать в той или иной ситуации, привести пример ситуации, не регламентированной уставом очень сложно. С математической точки зрения это выглядит, как практическая невозможность установить противоречие, следовательно, в целом теория верна.

Предметная область деятельности пожарного - чрезвычайная ситуация (далее - ЧС). Целесообразно с теоретико-множественной позиции подойти к рассмотрению этой области. Во-первых, требуется определить тип ЧС. Однозначно, делается это посредством сравнения с некоторой типологией. Значит, разновидности ЧС представлены как множество, а определение типа ЧС происходит путем сопоставления, сравнения. Это напоминает компьютерную про-

грамму по проверке значения переменной. В этом случае прослеживаются множественные отношения. Например, если горит огонь, значит $X = \text{«Пожар»}$, если горит несколько объектов, значит пожар множественный. Если $X = \text{«Пожар»}$, то $Y = \text{«организация тушения пожаров»}$. Аналогично, если появился едкий дым, значит $X = \text{«Опасность возникновения пожара»}$, тогда $Y = \text{«профилактика пожаров»}$ (совокупность превентивных мер, направленных на исключение возможности возникновения пожаров и ограничение их последствий) [8, 9].

Таким образом, можно наблюдать разбиение деятельности пожарной охраны на множества, это и подтверждает актуальность применения теоретико-множественного подхода.

Заключение

Изучение последовательности, вероятности и других предметов предполагает понимание множеств. Но прежде чем применить теоретико-множественный подход к деятельности пожарной безопасности, необходимо изучить эволюцию огня, а также зарождение первых противопожарных мер. Теоретико-множественное представление комплекса мер противопожарной защиты позволяет провести сравнительную оценку эффективности деятельности пожарной охраны и снизить риск возможных ошибок. При более глубоком и детальном изучении данного метода в области пожарной безопасности возникает возможность разработки новых технических средств и решений эвакуации людей, а также методологических способов для локализации и ликвидации процесса горения. Именно те знания, которые возможно получить при изучении философии науки пожарной безопасности позволят выбрать перспективный вектор усовершенствования и доработки комплекса мер пожарной безопасности [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слипский, Г.А. История пожарной охраны: Курс лекций / Г.А. Слипский – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2018. – 188 с.
2. Игнатенко, Е. А. Гераклит и его огненная стихия / Е. А. Игнатенко // – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 131-141.
3. Кириллова, О. Химическая теория флогистона в культурной экономике огня: от Просвещения к современности / О. Кириллова // Статис. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 75-111.
4. Астафурова, М. В. Работы М. В. Ломоносова в области химии / М. В. Астафурова // Фэн-наука. – 2014. – № 9-10(36-37). – С. 13-20.
5. Тимофеева, А. В. Пожар. Опасные факторы пожара. Понятие пожара и стадии пожара / А. В. Тимофеева // StudNet. – 2020. – Т. 3, № 12. – С. 581-585.
6. Дмитриев, Е. А. Техническая эволюция / Е. А. Дмитриев // Гражданская защита – 2019. – № 6(526). – С. 18-19.
7. Камышова, Г. Н. Теоретико-множественный подход в изучении математики / Г. Н. Камышова, Н. Н. Терехова // Вестник научных конференций. – 2016. – № 1-5(5). – С. 97-98.
8. Сарумов, А. А. Философское осмысление проблемы адекватности теоретико-множественного подхода на примере пожарной безопасности / А. А. Сарумов // Инновации в науке. – 2013. – № 17. – С. 105-109.

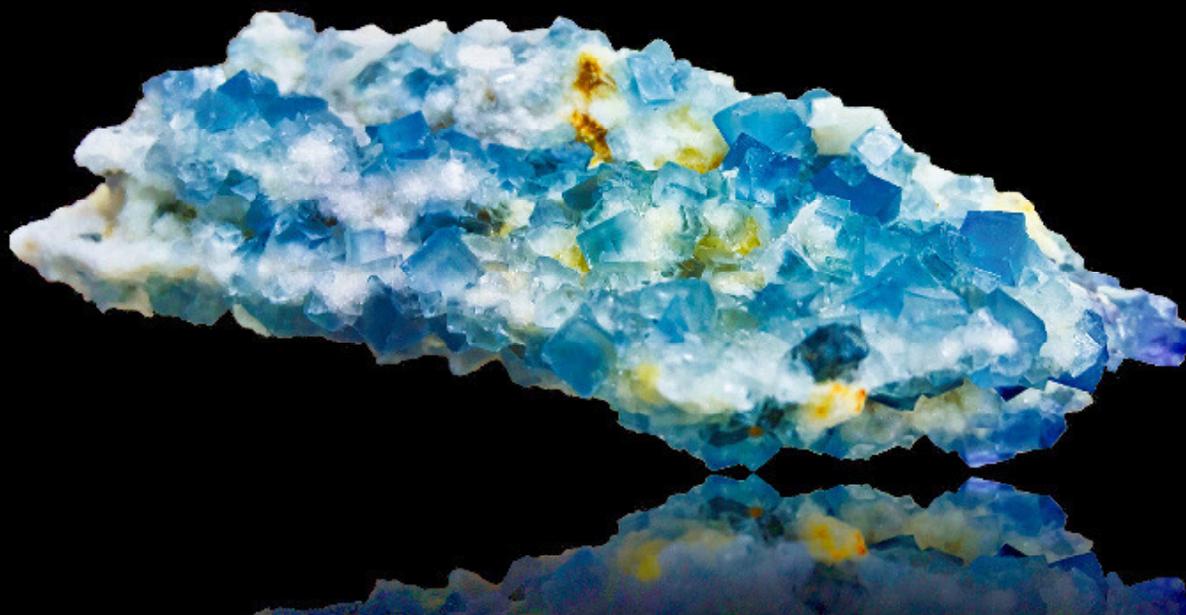
9. Николаев, М. В. Ответственность сотрудников МЧС / М. В. Николаев, М. В. Просин, Е. И. Стабровская, Н. Н. Турова, М. Н. Чалаташвили // Пищевые инновации и биотехнологии. - 2021. – С. 223-225.
10. Анисимова, А. Ю. Внедрение цифровых методик в области охраны труда / Ю. С. Анисимова, М. В. Просин, Н. Н. Турова, Е. И. Стабровская, Ф. А. Ахметова // Пищевые инновации и биотехнологии. - 2022. – С. 144-145.

REFERENCES

1. Skipsky, G.A. (2018). History of the Fire Department: A Course of Lectures. Yekaterinburg: Ural'skiy institut GPS MCHS Rossii [in Russian].
2. Ignatenko, Ye.A. (2020). Heraclitus and his fire element. V. 18, 1, 131-141 [in Russian].
3. Kirillova, O. (2021). The chemical theory of phlogiston in the cultural economy of fire: from the Enlightenment to the present. Stasis, v. 11, 1, 75-111 [in Russian].
4. Astafurova, M.V. (2014). Works of M. V. Lomonosov in the field of chemistry. Fen-nauka, 9-10 (36-37) [in Russian].
5. Timofeeva, A.V. (2020). Pozhar. Fire. Fire hazards. The concept of fire and the stages of fire. student, v. 3, 12, 581-583 [in Russian].
6. Dmitriev, Ye.A. (2019). Technikal evolution. Grazhdanskaia zashchita – Civil Protection, 6(526), 18-19 [in Russian].
7. Kamyshova, G.N., & Terekhova, N.N. (2016). Set-theoretic approach in the study of mathematics. Vestnik nauchnykh konferentsiy - Bulletin of scientific conferences, 1-5(5), 97-98 [in Russian].
8. Sarumov, A.A. (2013). Philosophical understanding of the set-theoretic approach adequacy problem on the example of fire safety. Innovatsii v nauke – Innovations in science, 17, 105-109 [in Russian].
9. Nikolaev, M.V., Prosin, M.V., Stabrovskaya, Ye.I., Turova, N.N., & Chalatashvili, M.N. (2021). Responsibility of employees of the Ministry of Emergency Situations. Pishchevyye innovatsii i biotekhnologii - Food innovations and biotechnologies, 223-225 [in Russian].
10. Anisimova, A.Yu., Prosin, M.V., Turova, N.N., Stabrovskaya, Ye.I., & Akhmetova, F.A. (2022). Implementation of digital methods in the field of labor protection. Pishchevyye innovatsii i biotekhnologii - Food innovations and biotechnologies, 144-145 [in Russian].

ГОРНЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ И НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

ГРУППА КОМПАНИЙ «ВОСТЭКО И ГОРНЫЙ-ЦОТ»
НАО «НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ»
КУЗБАССКИЙ ТЕХНОПАРК





А.К. Кирсанов //
A.K. Kirsanov
AKirsanov@sfu-kras.ru

кандидат технических наук, доцент,
 ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный
 университет», 660041, г. Красноярск, пр.
 Свободный 79.

Candidate of Engineering, Associate
 Professor of Siberian Federal University,
 660041, Krasnoyarsk, Svobodny Ave. 79.

УДК 622.33:334.713(6)

КУСТАРНАЯ ДОБЫЧА УГЛЯ В АФРИКАНСКОМ РЕГИОНЕ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ

ARTISANAL COAL MINING IN THE AFRICAN REGION: HISTORY AND SAFETY ASSESSMENT

Кустарная добыча угля уже давно является заметным видом деятельности в Африканском регионе и служит жизненно важным источником дохода и энергии для местных сообществ. Технология кустарной добычи угля представляет собой постоянно развивающийся процесс. По мере совершенствования методов добычи, количество угля, доступного для местных жителей, увеличивается, а его воздействие на окружающую среду снижается. Кустарная добыча угля часто характеризуется низкими капиталовложениями, ограниченной механизацией и зависимостью от ручного труда. Несмотря на это, старатели-кустары сталкиваются с многочисленными проблемами из-за нестабильного социально-экономического положения и слабого трудового законодательства. Цель настоящего исследования заключается в обзоре практики кустарной добычи угля в Африке. В работе представлен исторический обзор развития кустарной добычи угля в Африке, исследуется его происхождение и эволюция на протяжении времени. Рассмотрены различные методы и техники, используемые шахтёрами, включая открытую и подземную добычу угля. Особое внимание уделяется оценке безопасности производства работ при добыче угля кустарным способом. Описываются проблемы и риски, с которыми сталкиваются шахтёры, включая нестабильные конструкции шахт, воздействие вредных газов, недостаточную вентиляцию, отсутствие средств индивидуальной защиты и ограниченный доступ к медицинским учреждениям. Также рассматриваются правовые аспекты, связанные с кустарной добычей угля, включая регулирование этой отрасли и меры, принимаемые правительственными органами и заинтересованными сторонами для обеспечения безопасности. Результаты исследования позволяют получить общее представление о кустарной добыче угля в регионе, а также выявить существующие проблемы, с которыми сталкиваются рабочие. Полученные результаты могут быть использованы для разработки различных стратегий и политик, направленных на повышение безопасности и регулирования кустарной добычи угля в интересах местных сообществ.

Artisanal coal mining has long been a prominent activity in the African region, serving as a vital source of income and energy for local communities. The technology of artisanal coal mining is a constantly evolving process. With the improvement of mining methods, the amount of coal accessible to local residents is increasing, whereas its environmental impact is being reduced. Artisanal coal mining is often characterized by low capital investment, limited mechanization, and dependence on manual labor. In spite of this, artisanal miners are facing many problems due to the unstable social and economic situation and the weak labor law framework. The purpose of this study is reviewing the artisanal coal mining practices in Africa. The paper presents a historical overview of the development of artisanal coal mining in Africa, examining its origins and evolution over time. The various methods and techniques used by miners, including surface and underground coal mining, are reviewed. Particular attention is given to assessing the safety of operations in artisanal coal mining. The problems and risks faced by miners are described, including unstable mine structures, exposure to hazardous gases, inadequate ventilation, lack of personal protective equipment, and limited access to medical facilities.

Legal aspects related to artisanal coal mining, including regulation of the industry and measures taken by government agencies and stakeholders to ensure safety, are also addressed. The results of the study provide an overview of artisanal coal mining in the region, as well as identifying existing problems faced by workers. The findings can be used to develop various strategies and policies to improve the safety and regulation of artisanal coal mining for local communities.

Ключевые слова: КУСТАРНАЯ ДОБЫЧА УГЛЯ, РУЧНАЯ ДОБЫЧА, АФРИКА, УГОЛЬ.

Key words: ARTISANAL COAL MINING, MANUAL MINING, AFRICA, COAL.

ВВЕДЕНИЕ
Кустарная добыча угля – это форма традиционной мелкомасштабной добычи, которая ведётся в таких странах Африки, как: Нигерия, Гана, Танзания, Мозамбик, Зимбабве и др. – без всякого надзора со стороны регулирующих органов. Этот тип добычи обычно осуществляется местными сообществами, которые используют элементарные инструменты и методы для добычи угля из недр земли [1–5].

Это важный источник дохода для многих людей в сельской местности и зачастую единственный источник топлива для приготовления пищи и отопления помещений. Однако кустарная добыча угля имеет ряд негативных последствий. Такой тип добычи зачастую никак не регулируется, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды и риску для здоровья самих работников [6]. Кроме того, добываемый таким образом уголь имеет более низкое качество, и его трудно использовать в промышленных целях. Несмотря на данные риски, кустарная добыча угля по-прежнему остаётся жизненно важным источником дохода для многих людей в сельских районах Африки.

В этой статье рассмотрена история и практика кустарной добычи в Африке и используемые местными жителями методы добычи, а также обсуждается вопрос регулирования кустарной добычи угля.

РАЗВИТИЕ КУСТАРНОЙ ДОБЫЧИ В АФРИКЕ

Кустарная добыча полезных ископаемых в общем, и угля в частности, является давней традицией в Африке, которая со временем менялась и развивалась.

История кустарной добычи полезных ископаемых в регионе восходит к древним временам, когда ручной труд использовался для сбора камней и минералов для изготовления различных инструментов и украшений. Свидетельствами этому являются такие артефакты, как найденные при археологических раскопах керамические изделия и скульптуры.

Использование примитивных методов добычи начинается ещё в более древние времена. На протяжении веков эти ранние методы объединялись с более современными, создавая гибрид традиционной и современной кустарной добычи.

В настоящее время кустарная добыча полезных ископаемых является ключевым источником дохода для многих бедных сельских общин в Африке. Большинство шахтёров-кустарей являются выходцами из сельских районов и общин с низким доходом, поэтому не могут получить соответствующее образование для дальнейшей работы на легальных горнодобывающих предприятиях, которые могут обеспечить их как средствами индивидуальной защиты, так и различными социальными гарантиями [7].

Технологии, используемые африканскими горняками для добычи угля, сильно различаются в зависимости от имеющихся у них технических ресурсов и типа добываемого угля. Методы, используемые при кустарной добыче угля, варьируются от региона к региону, но, как правило, включают использование таких основных инструментов, как: кирки, сита, мотыги, лопаты, молотки и т.д. [8]. В некоторых случаях для извлечения угля из земли могут также использоваться взрывчатые вещества.

Горнорабочие обычно работают небольшими бригадами. Уголь собирают вручную и доставляют на местный рынок.

Технология кустарной добычи угля в африканском регионе представляет собой сочетание ручного способа добычи угля и современных методов промышленного типа. Во многих частях Африки уголь добывают вручную: выкапывают неглубокие ямы и длинные туннели (рис. 1). В некоторых случаях для облегчения процесса добычи используется такое оборудование, как насосы, компрессоры или конвейеры.

Если говорить о подземной добыче угля кустарным способом, то данная технология представляет собой уменьшенный вариант камерно-столбовой системы разработки, но при этом используется не высокопроизводительное



Рисунок 1. Добыча угля кустарным способом на земной поверхности
Figure. 1. Surface artisanal coal mining

оборудование, а элементарные инструменты: кирки, лопаты и ручные тележки (рис. 2).

Отработка угля подземным способом гораздо опаснее, поскольку часто сопровождается подземными пожарами и взрывами, вызванными плохо проветриваемыми выработками [9–11]. В таких условиях старатели-кустари работают на глубине до 30 метров и могут добывать до 10 тонн угля в день, в отличие от сотен или даже тысяч тонн, которые могут быть добыты крупными механизированными горнодобывающими предприятиями.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ КУСТАРНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ

Кустарная добыча имеет более низкие стандарты регулирования и безопасности по сравнению с крупномасштабной добычей полезных ископаемых, что делает её работников более подверженными несчастным случаям, травмам и заболеваниям [12, 13]. Однако существуют меры, которые можно принять для обе-

спечения безопасности старателей-угольщиков.

Одним из способов повышения безопасности при кустарной добыче угля является обучение рабочих. Обучение может дать горнякам понимание потенциальных опасностей, связанных с добычей угля, и способов их минимизации. Это может включать такие темы, как использование средств индивидуальной защиты, безопасное обращение со взрывчатыми материалами, распознавание потенциальных опасностей в окружающей среде и важность соблюдения правил техники безопасности.

Ещё одним методом повышения безопасности старателей-кустарей является использование систем вентиляции при добыче угля подземным способом. Эти системы гарантируют, что опасные газы не будут накапливаться в подземном выработанном пространстве. Кроме того, системы вентиляции также могут обеспечить шахтёров прохладным воздухом, чтобы предотвратить тепловое истощение.

Наконец, усовершенствованные коммуникационные технологии также могут быть исполь-



Рисунок 2. Подземная добыча угля кустарным способом
Figure. 2. Underground artisanal coal mining

зованы для обеспечения безопасности горняков. Портативные устройства связи, такие как рации, могут значительно улучшить координацию между работниками и руководством, облегчая реагирование в случае чрезвычайной ситуации.

Правовые последствия кустарной добычи угля в Африке варьируются от страны к стране. В некоторых странах кустарная добыча угля запрещена законом и может повлечь за собой значительные штрафы и даже тюремное заключение. В других странах это регулируется и может осуществляться с разрешения властей, включая обучение горняков современным методам работ, предоставление оборудования и доступ к отраслевым экспертам.

Неформальный характер кустарной добычи затрудняет регулирование и обеспечение соблюдения трудовых прав, особенно в отдалённых районах. В результате этого работники часто сталкиваются с такими проблемами, как ненормированный рабочий день, низкая заработная плата и др.

Несмотря на эти трудности, кустарная добыча угля остаётся одним из основных источников средств к существованию в некоторых сельских регионах Африки. Тем не менее этот сектор требует комплексной и эффективной политики регулирования, в которой приоритет будет отдан безопасности производства работ, природоохранным регулированию и правам горняков.

Расширение доступа к обучению, финансовым услугам и соответствующим технологиям также может повысить эффективность и устойчивость данного сектора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преимущества кустарной добычи угля в Африканском регионе для местного населения весьма существенны: данный вид деятельности обеспечивает доход и даёт тепло в дома людей из районов со слабо развитой экономикой. Это также недорогой вариант по сравнению с крупномасштабной механизированной добычей, позволяющий большому количеству людей получить доступ к угольным ресурсам.

В целом же кустарная добыча угля представляет собой уникальный набор проблем как в Африканском регионе, так и за его пределами.

Хотя это жизненно важный компонент местной экономики, он также подвергает рабочих опасным условиям, создаёт опасность для окружающей среды и увековечивает экономическое неравенство. Чтобы обеспечить ответственную и устойчивую практику добычи угля, правительства африканских стран должны разработать политику, регулиующую кустарную добычу угля, предоставить финансовые стимулы для соблюдения требований и не жалеть усилий для защиты рабочих и окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hentschel T., Hruschka F., Priester M. Global report on artisanal & small-scale mining. Report by the Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) project of International Institute for Environment and Development (IIED). January 2002. No. 70.
2. Nevzorova E. N. Small-scale mining in the context of the rules of the institution of property rights (case of coal) // North-East Asia Academic Forum. 2014. No. 1. P. 282–289.
3. Hilson G.M. (ed). The socio-economic impacts of artisanal and smallscale mining in developing countries. Lisse: A. A. Balkema, 2003. 739 p.
4. Hilson G., Goumandakoye H., Diallo P. Formalizing artisanal mining 'spaces' in rural sub-Saharan Africa: The case of Niger // Land Use Policy. 2019. Vol. 80. P. 259-268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.023>
5. Васильченко В.Ю. Мировая проблема нелегальной кустарной добычи полезных ископаемых // Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов – от прогноза к добыче: сборник тезисов докладов I молодежной научно-образовательной конференции ЦНИГРИ, Москва, 19–21 февраля 2020 года. М: Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 2020. С. 53-54.
6. Hilson G. Small-scale mining in Africa: tackling pressing environmental problems with improved strategy // The Journal of Environment & Development. 2002. Vol. 11. No. 2. P. 149-174.
7. Ledwaba P.F. The status of artisanal and small-scale mining sector in South Africa: tracking progress // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2017. Vol. 117. No. 1. P. 33-40. <https://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2017/v117n1a6>
8. Schwartz F.W., Lee, S., Darrah, T.H. A review of the scope of artisanal and small-scale mining worldwide, poverty, and the associated health impacts // GeoHealth. 2021. No. 5. <https://doi.org/10.1029/2020GH000325>
9. Teschner B. Small-scale mining in Ghana: the government and the galamsey // Resources Policy. 2012. Vol. 37. No. 3. P. 308-314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2012.02.001>
10. Dreschler B. Small-scale mining and sustainable development within the SADC region // Mining, Minerals and Sustainable Development. 2001. No. 84. P. 165 URL: <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G00735.pdf> (дата обращения 07.02.2023)
11. 2020 State of the Artisanal and Small-Scale Mining Sector. URL: https://www.trafigura.com/media/3127/2020_

trafigura_state_of_artisanal_and_small_scale_mining_sector_report.pdf (дата обращения 07.02.2023)

12. Landrigan P., Bose-O'Reilly S., Elbel J., Nordberg G., Lucchini R., Bartrem C., Grandjean P., Mergler D., Moyo D., Nemery B., von Braun M., Nowak D. Reducing disease and death from artisanal and small-scale mining (ASM) – the urgent need for responsible mining in the context of growing global demand for minerals and metals for climate change mitigation // *Environmental Health*. 2022. Vol. 21. No. 1. P. 78. DOI: 10.1186/s12940-022-00877-5.
13. Cossa H., Scheidegger R., Leuenberger A., Ammann P., Munguambe K., Utzinger J., Macete E., Winkler M.S. Health studies in the context of artisanal and small-scale mining: a scoping review // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18. No. 4. P. 1555. DOI: 10.3390/ijerph18041555

REFERENCES

1. Hentschel T., Hruschka F. & Priester M. Global Report on Artisanal & Small-Scale Mining. Report by the Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) project of International Institute for Environment and Development (IIED). January 2002. No. 70.
2. Nevzorova E. N. Small-scale mining in the context of the rules of the institution of property rights (case of coal). *North-East Asia Academic Forum*, 2022, (1), pp. 282–289.
3. Hilson G.M. (ed). *The socio-economic impacts of artisanal and smallscale mining in developing countries*. Lisse, A. A. Balkema, 2003, 739 p.
4. Hilson G., Goumandakoye H. & Diallo P. Formalizing artisanal mining 'spaces' in rural sub-Saharan Africa: The case of Niger. *Land Use Policy*, 2019, Vol. 80, p. 259-268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.023>
5. Vasil'chenko V.Yu. Global problem of illegal artisanal mining. In *Mineral and raw material base of diamonds, precious and non-ferrous metals – from forecast to production: collection of abstracts of reports of the I Youth Scientific and Educational Conference of TsNIGRI, Moscow, February 19–21, 2020*. Moscow, Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, 2020, pp. 53-54. (In Russ.).
6. Hilson G. Small-scale mining in Africa: tackling pressing environmental problems with improved strategy. *The Journal of Environment & Development*, 2002, Vol. 11, (2), pp. 149-174.
7. Ledwaba P.F. The status of artisanal and small-scale mining sector in South Africa: tracking progress. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 2017, Vol. 117, (1), pp. 33-40. <https://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2017/v117n1a6>
8. Schwartz F.W., Lee, S. & Darrah, T.H. A review of the scope of artisanal and small-scale mining worldwide, poverty, and the associated health impacts. *GeoHealth*, 2021, (5). <https://doi.org/10.1029/2020GH000325>
9. Teschner B. Small-scale mining in Ghana: the government and the galamsey. *Resources Policy*, 2012, Vol. 37, (3), pp. 308-314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2012.02.001>
10. Dreschler B. Small-scale mining and sustainable development within the SADC region. *Mining, Minerals and Sustainable Development*, 2001, (84), p. 165. Available at: <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G00735.pdf> (accessed 07.02.2023)
11. 2020 State of the Artisanal and Small-Scale Mining Sector. Available at: https://www.trafigura.com/media/3127/2020_trafigura_state_of_artisanal_and_small_scale_mining_sector_report.pdf (accessed 07.02.2023)
12. Landrigan P., Bose-O'Reilly S., Elbel J., Nordberg G., Lucchini R., Bartrem C., Grandjean P., Mergler D., Moyo D., Nemery B., von Braun M. & Nowak D. Reducing disease and death from artisanal and small-scale mining (ASM) – the urgent need for responsible mining in the context of growing global demand for minerals and metals for climate change mitigation. *Environmental Health*, 2022, Vol. 21, (1), p. 78. DOI: 10.1186/s12940-022-00877-5.
13. Cossa H., Scheidegger R., Leuenberger A., Ammann P., Munguambe K., Utzinger J., Macete E. & Winkler M.S. Health studies in the context of artisanal and small-scale mining: a scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, Vol. 18, (4), p. 1555. DOI: 10.3390/ijerph18041555



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

д-р техн. наук, профессор, зав. каф. аэрологии, охраны труда и природы ФГБОУ ВО «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева», ведущий научный сотрудник отдела АО «НЦ ВостНИИ», Россия, 650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
 Doctor of technical sciences, professor, aerology, labor protection and ecology department head, FGBOU VO KuzGTU named after T.F. Gorbachev "of the of AO "ScC VostNII" department leading researcher, Russia, 650002, Kemerovo, Institutskaya st., 3



Т.В. Грунско́й// T.V. Grunsky
 uxtacity@yandex.ru

канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО УГТУ, г. Ухта
 Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor USTU, Ukhta

УДК 622.276.55:622.276.652(470.13)

ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН ФОРМИРОВАНИЯ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА В УКЛОННЫХ БЛОКАХ ЯРЕГСКИХ НЕФТЕШАХТ

STUDYING THE REASONS FOR THE FORMATION OF A HEATING MICROCLIMATE IN SLOPED BLOCKS OF THE YAREGA OIL MINES

В статье представлен анализ источников формирования нагревающего микроклимата в уклонных блоках при термошахтной добычи высоковязкой нефти на Ярегском месторождении. Выявлены места, подверженные прорывам пара в нефтешахте. Проведены замеры в горных выработках по параметрам: температура горного массива, температура горной выработки и влажности. В работе проведен анализ источников тепловыделений в полевые штреки нефтешахт, который показал, что существенный вклад вносят прорывы пара по причинам трещиноватости горного массива и перегрева продуктивного пласта. По результатам проведенного исследования установлено, что повышенные значения температуры воздуха в горных выработках не зависят от расстояния удаления от вентиляционного ствола или вентиляционной скважины. Доказано, что вертикальная миграция нефти и газа происходит по крупным тектоническим нарушениям из нефтяной залежи в процессе ее разрушения. Установлено несколько типов прорыва пара. Рост температуры и влажности рудничного воздуха на нефтяных шахтах приводит к ухудшению условий труда на рабочих местах работников, занятых на подземных работах, росту профессиональных заболеваний. Кроме того, интенсивно разрушается крепь горных выработок, образуются вывалы, глухие завалы, нарушается система общешахтной вентиляции, в конечном итоге функционирование жизнеобеспечения шахты.

The article presents an analysis of heating microclimate formation sources in sloping blocks during thermal mining of high-viscosity oil at the Yaregskoye field. Places prone to steam breakthroughs in the oil mine are identified. Measurements were carried out in mine workings according to the following parameters: temperature of the rock mass, temperature of the mine working and humidity. The paper analyzes the sources of heat release in the field drifts of oil mines, which showed that a significant contribution is made by steam breakthroughs, due to the fracturing of the rock mass and overheating of the productive formation. According to the study results, it was found that the increased values of air temperature in mine workings do not depend on the distance from the ventilation shaft or ventilation well. It is proved that vertical migration of oil and gas occurs due to large tectonic disturbances from an oil deposit in the process of its destruction. Several types of steam breakout have been established. An increase in the temperature and humidity of the mine air in oil mines leads to a deterioration in working conditions at the workplaces of workers engaged in underground work, and to an increase in occupational diseases. In addition, the support of mine workings is intensively destroyed, dislocations, blind blockages are formed, the general ventilation system is disrupted, and ultimately the functioning of the life support of the mine.

Ключевые слова: ТЕРМОШАХТНАЯ РАЗРАБОТКА, ЯРЕГСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ,

НАГРЕВАЮЩИЙ МИКРОКЛИМАТ, УКЛОННЫЙ БЛОК.**KEYWORDS: THERMAL MINE DEVELOPMENT, YAREGSKOYE DEPOSIT, HEATING MICROCLIMATE, SLOPING BLOCK.**

ВВЕДЕНИЕ
 Ярегское нефтяное месторождение располагается в Республики Коми вблизи города Ухта. Особенность данного месторождения заключается в технологии добычи, а именно высоковязкую нефть добывают термошахтным способом [1]. Термошахтная технология, применяемая на Ярегском нефтяном месторождении на сегодняшний день, является единственной в мире по специфике условий применения.

При разработке Ярегского месторождения термошахтным способом одним из осложняющих факторов является регулярный прорыв теплоносителя в горные выработки. Несмотря на то что при подземно-поверхностной системе разработки нагнетание пара в пласт происходит на удалении от действующих горных выработок, это приводит к неконтролируемым прорывам пара в изолированные горные выработки.

В процессе отработки Ярегского месторождения, в результате открытой системы нефтесбора, в буровых галереях уклонных блоков создаются неблагоприятные микроклиматические параметры в горных выработках. Усугубляет положение и наличие неконтролируемых паропроявлений в горных выработках [2]. К ним относятся: применение тепловых методов (закачка пара), трещиноватость и слоистость пласта, наличие старых скважин в пласте и связанных с ними недействующих и действующих горных выработок, отсутствие энергии пласта.

Главной проблемой при данном способе разработке месторождения является превышение установленных нормативных значений микроклимата в полевых штреках уклонных блоков в результате прорыва пара из горного массива. Авторами были проведены замеры температуры горного массива и воздуха горной выработки в добычном блоке нефтешахты.

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСА ПАРА В ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ НЕФТЕШАХТ

Согласно Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (утвержденные приказом от 15.12.2020 № 534) пунктом 1746: температура воздуха в добычных, подготовительных и других

действующих выработках у мест, где работают люди, не должна превышать 26°C при относительной влажности до 90% и 25°C - при относительной влажности свыше 90%. И пункта 1747: в горных выработках, в которых проводятся закачка теплоносителя в пласт, отбор продукции добывающих скважин, проложены трубопроводы с температурой наружной поверхности 40°C и выше, а также в емкостях нефтеловушек допускается температура рудничной атмосферы до 36°C включительно при условии, что в этих горных выработках люди не находятся постоянно в течение рабочей смены.

Для изучения причин формирования нагревающего микроклимата был выбран уклонный блок 1Т-4, в котором были проведены замеры в горной выработке по параметрам: температура горного массива, температура горной выработки. Измерения производились пирометром и термометром. Результаты замеров приведены в таблице 1 и нанесены на схему рисунка 1.

В результате анализа результатов замеров температур рудничной атмосферы в горные выработки уклонного блока 1Т-4 были выявлены точки под номерами 30, 34, 35, 42, 43 в которых имеется превышение установленных значений температуры рудничной атмосферы согласно [5].

Исходя из того, что работники, задействованные в уклонных блоках Ярегских нефтешахт, на данных рабочих точках находятся непостоянно в течение рабочего времени, оценка превышений установленных значений температуры проводится согласно установленных значений. Проведенные исследования показателей температуры в уклонном блоке 1Т-4 нефтешахты № 1 позволили определить места превышения допустимых значений. В буровые галереи 1Т-6 (рисунок 1) превышение установленных значений температуры зарегистрированы в точках № 34 и 35 вблизи сбойки № 1 вентиляционного штрека панели 1Т-6 на 0,3 и 0,1 °С и также в точках № 42, 43 рядом с буровой галереей вентиляционного штрека панели 1Т-6 на 0,2 °С и 3,7 °С.

Максимальные температуры горного массива зафиксированы в точках измерения № 1 – 45,2 °С, в вентиляционном штреке уклона 1Т-4 (точка № 11, 14, 15) близ зумпфа – 40,1 °С, 40,3 °С и 40,5°C, вентиляционного штрека панели 1Т-4 (точка № 30) на 39,6 С и на 41,1 °С (точка

Таблица 1. Результаты замеров температур горного массива и горной выработки уклонного блока 1Т-4
 Table 1. The rock massif and the mine working of the sloping block 1T-4 temperature measurement results

Номер точки замера	Температура горного массива, С °	Температура горной выработки, С °
1	45,2	34,5
2	36,5	32,7
3	38,0	32,7
4	35,5	32,1
5	35,0	30,3
6	36,2	31,5
7	31,0	30,7
8	33,7	28,8
9	33,1	28,9
10	37,2	33,8
11	40,1	32,4
12	33,5	26,1
13	31,5	25,2
14	40,3	35,1
15	40,5	35,0
16	35,7	35,2
17	23,2	24,4
18	23,5	24,4
19	28,0	24,7
20	21,7	24,7
21	23,5	25,7
22	23,1	27,6
23	24,6	28,5
24	25,7	28,6
25	30,6	29,6
26	33,5	31,7
27	31,2	31,9
28	33,7	32,4
29	35,8	33,8
30	39,6	37,2
31	35,2	35,3
32	41,1	33,2
33	37,5	35,8
34	42,5	36,3
35	46,1	36,1
36	39,0	35,3
37	33,7	34,3
38	38,0	33,1
39	35,5	33,0
40	35,6	34,5
41	62,7	34,6
42	41,2	36,2
43	46,6	39,7

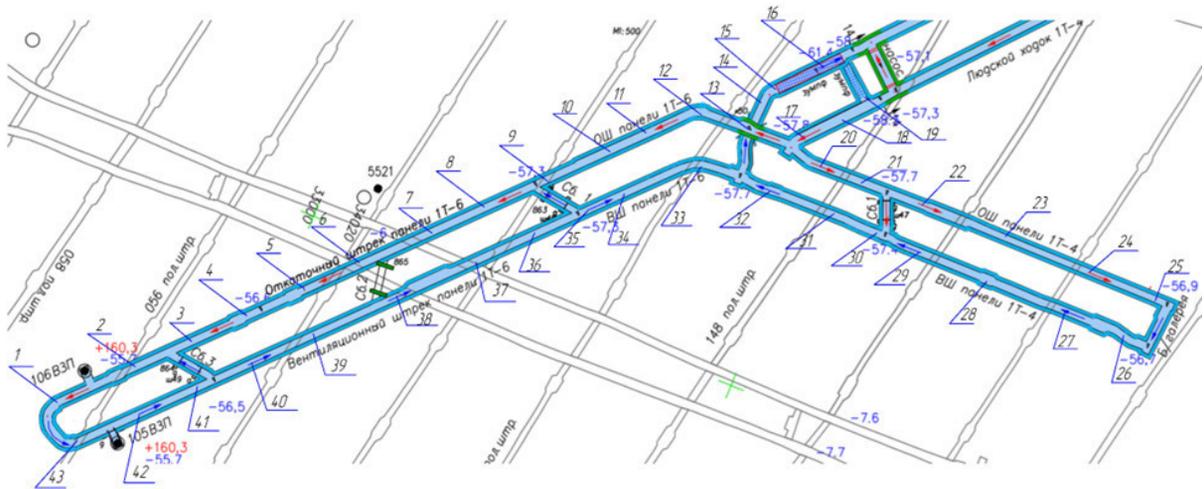


Рисунок 1. Результаты замеров температур горного массива и горной выработки уклонного блока 1Т-4
 Figure 1. The rock massif and the mine working of the sloping block 1Т-4 temperature measurement results

№ 32), вентиляционный штрек панели 1Т-6 близ сбойки № 1 превышение составляет 42,5 °С и 46,1 °С (точки измерения № 34 и 35), в точках № 42, 43 рядом с буровой галереей вентиляционного штрека панели 1Т-6 температуры горного массива составляют 41,2 °С и 46,6 °С.

По результатам измерений был сделан следующий вывод: повышенные значения температуры воздуха в горных выработках не зависят от расстояния удаления от вентиляционного ствола или вентиляционной скважины. Ярким примером (рисунок 2) является вентиляционная скважина, расположенная рядом с буровой галереей вентиляционного штрека панели 1Т-6, где были зарегистрированы максимальные температуры горного массива и воздуха горной выработки в точках № 42, 43 (рисунок 1).

Уклонный блок 1Т-4 проветривается обособленно за счет общешахтной депрессии с под-

свежением с воздухоподающей скважины №105.

С целью выявления причин, влияющих на формирование температуры воздуха в уклонном блоке 1Т-4 нефтешахты № 1 Ярегского месторождения, был проведен анализ источников тепловыделений данной горной выработки, который показал, что существенный вклад вносят прорывы пара. Предположительной проблемой будет являться трещиноватость горного массива, перегрев продуктивного пласта.

Горные выработки в условиях нефтешахт проводятся, как правило, в аргиллит-алевролитовых породах и нефтенасыщенных песчаниках, которые склонны к пучению. Все породы месторождения различной степени трещиноваты и пересекаются дизъюнктивными нарушениями. Особое значение это имеет для продуктивных отложений, поскольку в значительной степени определяет их фильтрационно-емкостные

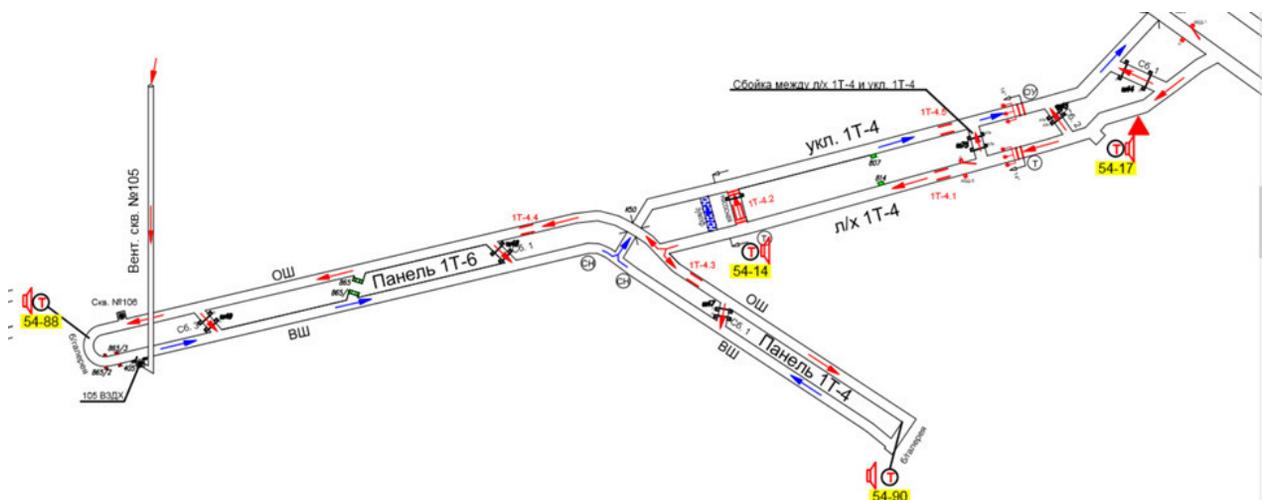


Рисунок 2. Схема уклонного блока 1Т-4
 Figure 2. Scheme of the inclined block 1Т-4

свойства. Дизъюнктивные нарушения на месторождении представляют собой относительно крупные трещины, сомкнутые или заполненные, зияющие или сопровождающиеся зоной дробления, которые под крутыми углами пересекают различные слои, пачки и тела и характеризуются обязательным смещением лежачего или висячего боков. Среди характерных видов нарушений условно различаются:

1. Крупные, но относительно редкие, протяженностью 1-3 км с величиной смещения 510 м;
2. Средние по размеру, протяженностью сотни метров сбросы и взбросы с амплитудой смещения до 2 м;
3. Мелкие дизъюнктивы, измеряемые десятками метров со смещением до 0,7 м.

Все эти нарушения хорошо видны при описании выработок и нередко фиксируются в пересекающих их скважинах.

Изучения Ярегского месторождения по нефтегазопроявлениям доказали вертикальную миграцию нефти и газа по крупным тектоническим нарушениям из нефтяной залежи в пласте III в процессе её разрушения [1]. Визуально данные процессы видны в проведенных горных выработках в туффито-диабазовой толще, где различные по интенсивности и продолжительности выбросы жидкой и загустевшей нефти, газа и газированной воды по трещинам фиксировалось (особенно в первые годы разработки месторождения) довольно часто. Значительная сеть трещиноватости различных зон Ярегской площади подтверждается результатами проводимых сейсмических исследований. Наглядно количество и протяженность разрывных и сдвиговых нарушений отражены на примере эксплу-

тационного блока 1Т-4 (рисунок 3).

В процессе вовлечения запасов в прогрев с 2016 года зафиксирован значительный рост участков паропроявлений. Точки выхода пара в горные выработки по состоянию на 2022 год представлены в таблице 2.

Эксплуатационные блоки, наиболее подверженные прорывам пара:

- НШ-1: эксплуатационные блоки 3Т-9, 1Т-4 – ввиду плотного разбуривания и наличия многочисленных трещин (рисунок 4).

- НШ-2: эксплуатационный блок Северный, расположенный в границах НШ-1.

Проектные эксплуатационные блоки НШ-2 располагаются частично на окраинных частях шахтного поля, т.е., исключая большую часть влияния разработки других ранее разработанных и/или изолированных эксплуатационных блоков, но существует большой риск миграции теплоносителя в проводимые горные выработки по трещинам, через нагнетательные и парораспределительные скважины.

- НШ-3: в районе вентиляционного штрека эксплуатационного блока 3Т-4 отмечается прорыв теплоносителя. Дополнительное влияние оказывает высокая трещиноватость района, способствующая возникновению аварийных ситуаций. Проектные эксплуатационные блоки НШ-3 по аналогии с НШ-2 располагаются на окраинных частях шахтного поля, исключая большую часть влияния разработки других ранее разработанных и/или изолированных уклонных блоков, что влечёт риск миграции теплоносителя в проводимые горные выработки по трещинам, через нагнетательные и парораспределительные скважины.



Рисунок 3. Разрывные нарушения участка уклонного блока 1Т-4
Figure 3. Dislocations of the inclined block 1T-4 section

Таблица 2. Участки нефтешахт наиболее подверженные прорывам
Table 2. Oil mine sites most prone to breakouts

Точка выхода	Наблюдения
Нефтешахта № 1	
ВПП ходка уклонного блока 3Т-9	Наблюдается миграция пара
ВПП уклона 1Т-4 от сбойки № 1 до кроссинга через южный откаточный штрек	Наблюдается миграция пара
Сбойка № 1 уклонного блока 1Т-4	Наблюдается миграция пара
Северный откаточный штрек 2-го этажа (сопряжение со 155 полевым штреком)	Наблюдается миграция пара
Нефтешахта № 2	
Откаточный штрек панели-3бис уклонного блока «Северный» (в 19 м от сбойки № 1 в сторону сбойки №2)	Наблюдается миграция пара
Откаточный штрек панели-3бис уклонного блока «Северный» (в 154 м от сбойки № 2 в сторону буровой галереи)	Наблюдается миграция пара
Откаточный штрек панели-2бис уклонного блока «Северный» (в 32 м от сбойки № 8 в сторону сбойки № 2)	Наблюдается миграция пара
Сбойка № 5-бис – исходящая струя из уклонного блока (сопряжение с 328 п. ш.)	Наблюдается миграция пара
328 полевой штрек – изолированная горная выработка (изолирующая перемычка в 4 м от сбойки № 5-бис)	Наблюдается миграция пара
326 полевой штрек – изолированная горная выработка (изолирующая перемычка в 4 м от сбойки № 5-бис)	Наблюдается миграция пара
Южный откаточный штрек 2-го этажа 2 бис ПК 6 (у сопряжения с изолированной выработкой Уклона 102)	Наблюдается миграция пара
Южный вентиляционный штрек 2-го этажа ПК 167 (у сопряжения с изолированной выработкой Уклона 201)	Наблюдается миграция пара
Южный откаточный штрек 2-го этажа ПК 323 (у сопряжения с изолированной выработкой Уклона 209)	Наблюдается миграция пара
Южный откаточный штрек 2-го этажа ПК 108 (у сопряжения с изолированным 245 полевым штреком).	Наблюдается миграция пара
Нефтешахта № 3	
Вентиляционный штрек 3Т-4 сопряжение с изолированным западным вентиляционным штреком 3-го этажа бис (изолирующая перемычка № 49)	Незначительное паропроявление
Вентиляционный штрек 3Т-4 сопряжение с изолированным западным вентиляционным штреком 3-го этажа бис (ПК 54).	Незначительное паропроявление

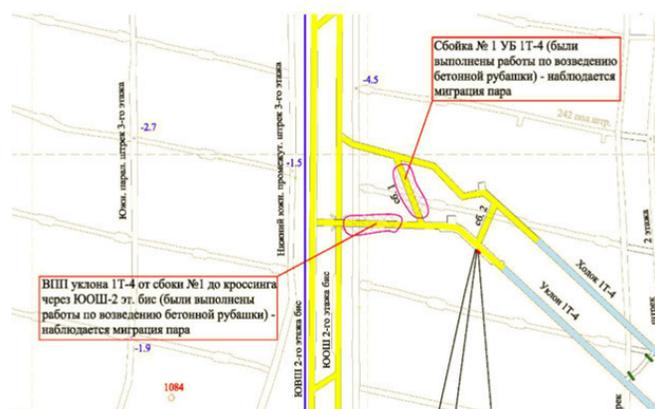


Рисунок 4. Наиболее подверженные прорывам участки НШ-1 (ВПП блока 1Т-4 от сбойки № 1 до кроссинга, сбойка № 1 блока 1Т-4)

Figure 4. Sections of NSh-1 most prone to breakouts (VPP [panel extraction stripe] of block 1T-4 from linkage No. 1 to crossing, linkage No. 1 of block 1T-4)

Таблица 3. Классификация прорывов пара
Table 3. Classification of steam breakthroughs

№ п/п	Классификация	Причина
1	по типу геологического и технологического нарушения горного массива	1. Прорыв пара из геологического нарушения (трещина, каверна и т.д.) в результате действия горного давления.
		2. Прорыв пара из нарушения в результате действия горношахтного оборудования или инструмента (бурение скважин, шпуров и т.д.).
2	по литологии пород горного массива	1. Прорыв пара в нефтенасыщенном песчанике (пласте)
		2. Прорыв пара во вспомогательных выработках (туффит, аргиллит и т.д.)
3	по интенсивности поступления пара	1. Слабая интенсивность прорыва пара сопровождается незначительным увеличением температуры рудничного воздуха в месте прорыва, с наличием "запотевших" элементов крепи (массива) и без других визуальных признаков.
		2. Средняя интенсивность прорыва пара сопровождается незначительным или значительным увеличением температуры рудничного воздуха в месте прорыва, с возможным наличием капежа конденсата и (или) визуального шлейфа пара
		3. Сильная интенсивность прорыва пара сопровождается значительным увеличением температуры рудничного воздуха в месте прорыва, сопровождается характерными звуками, с наличием капежа конденсата и (или) визуального шлейфа пара и (или) ограничением видимости
4	по площади участка, на котором происходит прорыв пара	1. Точечный прорыв пара, протяженность до 2 метров
		2. Локальный прорыв пара, протяженность до 5 метров
		3. Участковый прорыв пара, протяженность свыше 5 метров.
5	по степени нанесения ущерба и уровню опасности	1. Неопасный. При наблюдении за местом возникновения прорыва пара не происходят изменения состояния (изменение интенсивности и (или) протяженности) более одного месяца.
		2. Потенциально опасный. При наблюдении за местом возникновения прорыва пара происходят незначительные (постепенные) изменения состояния (изменение интенсивности и (или) протяженности) в течение одного месяца. Требуется планирование ликвидации
		3. Опасный. Интенсивность прорыва пара меняется в считанные часы, требует немедленного оперативного реагирования.
6	по типу нарушения	1. Прорыв из горного массива.
		2. Прорыв подземного трубопровода (паропровода).
		3. Прорыв пара на устье подземной скважины.

ПРИЧИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА В УКЛОННЫХ БЛОКАХ ЯРЕГСКИХ НЕФТЕШАХТ

Таким образом, анализируя причины и места паропроявлений в выработки нефтешахт, можно выделить несколько типов прорывов пара (таблица 3).

Во всех случаях основными причинами прорывов пара является наличие сети старых подземных добывающих скважин, пробуренных

из буровых камер и «подсекание» изолированными горными выработками разогретой кровли 3-го пласта (горные выработки «туффитового» горизонта). Наряду с имеющимися «старыми» скважинами, дополнительным источником прорывов пара является развитая в пласте сеть тектонических нарушений.

Возможной причиной прорывов является переход на разработку месторождения подземноповерхностным способом, при котором давление закачки пара в пласт значительно пре-

вышает начальное пластовое, что способствует «раскрыванию» существующих и созданию новых трещин. Как результат, возникновение прорывов пара в изолированные горные выработки и его утечки за счет общешахтной депрессии через вентиляционные перемычки в действующие горные выработки. В результате этого из-за роста температуры и влажности рудничного воздуха

наряду с ухудшением условий труда подземных рабочих происходит интенсивное разрушение крепления горных выработок, образование вывалов, глухих завалов и, в конечном итоге, это приводит к нарушению системы общешахтной вентиляции, являющейся основной в функционировании жизнеобеспечения шахты [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фомин А.И., Шевченко Л.А., Грунско́й Т.В. Улучшение температурного режима на рабочих местах в условиях термошахтной добычи высоковязкой нефти Ярегского месторождения // *Безопасность жизнедеятельности*. 2021. № 7 (247). С. 12–17.
2. Фомин А.И., Грунско́й Т.В. Улучшение условий труда шахтеров-нефтяников при переходе от термошахтного способа высоковязкой нефти на модульношахтный способ разработки Ярегского месторождения // *Безопасность труда в промышленности*. 2020. № 12. С. 58-65.
3. Фомин А.И., Грунско́й Т.В. Поиск эффективных решений разработки месторождений высоковязкой нефти и битумов // *Безопасность труда в промышленности*. 2020. № 7. С. 20-25.
4. Бердник А.Г., Грунско́й Т.В., Мартынцева А.С. Аналитическая оценка несчастных случаев при термошахтной добычи высоковязкой нефти // *Технологии нефти и газа*. 2018. № 3 (116). С. 60-64.
5. Приказ Ростехнадзора от 15 декабря 2020 года № 534 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».

REFERENCES

1. Fomin, A.I., Shevchenko, L.A., & Grunskoy, T.V. (2021). Improving the temperature regime at workplaces in the conditions of thermal mining of high-viscosity oil from the Yaregskoye field. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti - Safety of life*, 7 (247), 12–17 [in Russian].
2. Fomin, A.I., & Grunskoy, T.V. Improving the working conditions of oil miners during the transition from the thermal mining method of high-viscosity oil to the modular mining method of developing the Yaregskoye field. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti - Safety of labor in industry*, 12, 58-65 [in Russian].
3. Fomin, A.I., & Grunskoy T.V. (2020). Search for effective solutions for the development of high-viscosity oil and bitumen deposits. *Bezopasnost truda v promyshlennosti - Safety of labor in industry*, 7, 20-25 [in Russian].
4. Berdnik, A.G., Grunskoy, T.V., & Martyntseva, A.S. (2018). Analytical evaluation of accidents during thermal mining of high-viscosity oil. *Tekhnologii nefiti i gaza - Technologies of oil and gas*, 3 (116), 60-64 [in Russian].
5. Order of Rostekhnadzor dated December 15, 2020 No. 534 On approval of federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety Rules in the Oil and Gas Industry". [in Russian].



А.В. Борздова//A.V. Borzdova
anna.borzдова19@mail.ru

студент 3 курса Санкт-Петербургского
Горного университета Санкт-Петербург,
Шкиперский проток, 5
3rd year student of St. Petersburg Mining
University St. Petersburg, Skipper's
Bayou, 5

УДК 331.45

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ АТТЕСТАЦИИ И ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА IMPROVEMENT OF METHODS OF CERTIFICATION AND VERIFICATION OF KNOWLEDGE IN THE FIELD OF LABOR PROTECTION

В данной работе рассматривается вопрос, как совершенствование методов аттестации и проверки знаний по охране труда поможет повысить безопасность труда и улучшить результаты работы. В современном мире охрана труда становится все более актуальной и важной проблемой для большинства предприятий. Каждый год происходят сотни несчастных случаев на производстве, которые могут быть предотвращены при правильной организации рабочего места и обеспечении безопасности работников. Поэтому, развитие методов аттестации и проверки знаний в области охраны труда является необходимым условием для повышения уровня безопасности на производстве. Однако, на данный момент существующие методы проверки знаний в области охраны труда не всегда позволяют достичь эффективных результатов. Нередко можно наблюдать проблему, когда работники успешно проходят аттестацию, но на практике не выполняют требования по охране труда. Именно поэтому становится все более актуальным улучшение методик аттестации и проверки знаний, которые будут способствовать улучшению безопасности труда на производстве. Одной из основных целей является улучшение качества процесса проверки знаний, который позволит получить более точную информацию о знаниях работников по охране труда. Это может привести к более эффективным мерам по предотвращению несчастных случаев на рабочем месте. Важно, чтобы методы аттестации и проверки знаний были системными и включали в себя несколько этапов. Они должны соответствовать законодательству в области охраны труда и способствовать реальному повышению уровня безопасности на рабочих местах. В заключение статьи можно отметить, что улучшение методов аттестации и проверки знаний в области охраны труда является актуальной задачей для всех работодателей и представляет собой необходимый шаг на пути к повышению безопасности на производстве.

In this paper, the question is considered how improving the methods of certification and verification of knowledge on occupational safety will help to improve occupational safety and improve work results. In the modern world, labor protection is becoming an increasingly urgent and important problem for most enterprises. Every year there are hundreds of accidents at work that can be prevented with the proper organization of the workplace and ensuring the safety of workers. Therefore, the development of methods of certification and verification of knowledge in the field of occupational safety is a prerequisite for improving the level of safety at work. However, at the moment, the existing methods of testing knowledge in the field of occupational safety do not always allow to achieve effective results. It is often possible to observe a problem when employees successfully pass certification, but in practice do not comply with labor protection requirements. That is why it is becoming increasingly important to improve the methods of certification and verification of knowledge, which will contribute to improving occupational safety at work. One of the main goals is to improve the quality of the knowledge verification process, which will provide more accurate information about the knowledge of workers on labor protection. This can lead to more effective measures to prevent accidents in the workplace. It is important that the methods of certification and verification of knowledge are systematic and include several stages. They must comply with the legislation in the field of occupational safety and contribute to a real increase in the level of safety in the workplace. In conclusion, it can be noted that improving the methods of certification and verification of knowledge in the field of occupational safety is an urgent task for all employers and represents a necessary step towards improving safety at work.

Ключевые слова: ОХРАНА ТРУДА, АТТЕСТАЦИЯ, ПРОВЕРКА ЗНАНИЙ.

Key words: LABOR PROTECTION, CERTIFICATION, KNOWLEDGE TESTING.

В современном мире охрана труда становится все более актуальной и важной проблемой для большинства предприятий. Каждый год происходят сотни несчастных случаев на производстве, которые могут быть предотвращены при правильной организации рабочего места и обеспечении безопасности работников. Поэтому, развитие методов аттестации и проверки знаний в области охраны труда является необходимым условием для повышения уровня безопасности на производстве. В этой статье мы рассмотрим, как совершенствование методов аттестации и проверки знаний по охране труда поможет повысить безопасность труда и улучшить результаты работы.

Одним из главных методов аттестации и проверки знаний является обучение. Работодатель заинтересован обеспечить необходимый уровень знаний по охране труда для своих сотрудников. Обучение проводится как для новых сотрудников, так и для имеющих опыт работы. Обучение организуется в соответствии с ГОСТ 12.0.004-2015 и должно определяться не только в соответствии с требованиями законодательства, но и определяться набором знаний и навыков, необходимых для каждой категории работников.

Важно отметить, что улучшение методов аттестации и проверки знаний должно быть ориентировано на конкретные потребности каждой компании. Каждая организация имеет свои специфические условия работы, опасности и риски. Поэтому необходимо разрабатывать индивидуальный подход к проведению аттестации и проверки знаний. Существующие методы аттестации и проверки знаний в области охраны труда не всегда обеспечивают высокую эффективность и точность. Одной из основных проблем таких методов является недостаточная объективность оценки знаний работников.

Во-первых, существует риск, что работники могут получить ответы на вопросы до проведения аттестации или проверки. Это может произойти, если вопросы не меняются или если они слишком простые и очевидные. В таких случаях результаты аттестации или проверки не будут отражать реального уровня знаний работника.

Во-вторых, многие методы аттестации и проверки знаний в области охраны труда не учитывают практических навыков работника.

Например, теоретические знания могут быть достаточно хорошими у работника, но его способность применять эти знания на практике может быть низкой. Также возможна ситуация, когда работник имеет определённый опыт работы и хорошие практические навыки, однако его теоретические знания оказываются недостаточными.

В-третьих, многие методы аттестации и проверки знаний в области охраны труда не учитывают индивидуальные особенности работников. Например, некоторые люди могут лучше запоминать информацию, когда им её рассказывают, а другие – когда они сами практикуют новые навыки. В таких случаях стандартный подход к проведению аттестации или проверки может привести к неточным результатам.

Кроме того, существующие методы аттестации и проверки знаний в области охраны труда не всегда учитывают изменения в законодательстве или научно-технический прогресс. Методы, которые были эффективными 5-10 лет назад, могут уже устареть и потерять свою актуальность.

В целом можно заключить, что проблемы существующих методов аттестации и проверки знаний в области охраны труда связаны с их недостаточной объективностью, отсутствием учета практического опыта работника и индивидуальных особенностей, а также с неактуальностью методов в связи с изменениями в законодательстве и научно-техническим прогрессом. Для решения этих проблем необходимо разработать новые, более эффективные методы аттестации и проверки знаний работников по охране труда.

В качестве методов аттестации и проверки знаний выделяются следующие:

I. Тестирование знаний. Этот метод предполагает использование тестовых заданий для проверки знаний сотрудников. Тестирование обычно проводится при приёме на работу, а также периодически (как правило, раз в год). Оно позволяет определить уровень знаний сотрудника по конкретным темам охраны труда, его профессиональную подготовку и готовность к выполнению своих профессиональных обязанностей. Тестирование может проводиться в разных формах: письменно, устно, на компьютере. Оно может включать в себя разнообразные вопросы: выбор одного правильного ответа, выбор нескольких правильных ответов, определение

последовательности действий и т.д.

Для эффективного проведения тестирования важно иметь понятные и ясные критерии оценки, а также правильно подобрать вопросы, чтобы они проверяли все необходимые знания и навыки работника в данной области. Тестирование может быть обязательным для всех работников, которые заняты в работах с высокими рисками или работах, связанных с опасными веществами и материалами. Также тестирование может быть проведено при получении новой должности или при прохождении специальных курсов повышения квалификации.

Правильное проведение тестирования позволяет повысить уровень знаний работников в области охраны труда, снизить риск травм и несчастных случаев на производстве, а также повысить эффективность работы.

Как и в любой другой области, тестирование знаний в области охраны труда может быть улучшено следующими способами:

1. Разнообразные типы заданий: для того, чтобы оценить знания работников в области охраны труда, необходимо использовать различные типы заданий, такие как выбор правильного ответа, соотнесение, определение и т.д. Это поможет оценить не только знания, но и умение их применять на практике.

2. Актуализация тестов: тесты должны быть периодически обновляемыми, чтобы отражать изменения в требованиях законодательства, технологий и т.д.

3. Индивидуальный подход: Оценка знаний работника должна происходить с учетом его специфических обязанностей, профессиональных рисков и т.д.

4. Тесты с мгновенной обратной связью: после прохождения теста работники должны получать мгновенную обратную связь, которая будет показывать недостатки в их знаниях и давать рекомендации по улучшению.

5. Программа обучения: тестирование должно быть встроено в программу обучения, чтобы работники имели доступ к необходимой информации и могли повышать свои знания в области охраны труда.

6. Компетентные эксперты: разработка тестов должна проводиться специалистами в области охраны труда.

7. Совместная работа с работниками: участие работников в процессе создания тестов может повысить их заинтересованность в прохождении и повысить эффективность их обучения.

II. Анализ производственной деятельно-

сти. Этот метод предполагает анализ конкретной производственной ситуации на предмет выявления нарушений в области охраны труда, выявить проблемы на производстве и предложить пути их решения. Анализ производственной деятельности является важным инструментом аттестации и проверки знаний в области охраны труда. Он позволяет оценить уровень соблюдения требований охраны труда на конкретном рабочем месте и выявить возможные опасности и риски для здоровья и жизни работников.

Анализ производственной деятельности проводится как часть экспертизы условий труда и составляет базу для оценки соответствия рабочих мест требованиям нормативно-правовых актов по охране труда. В ходе анализа производственных процессов и операций выявляются производственные риски и факторы воздействия на работника в случае провала предупредительных мер и соответствующие последствия для здоровья и жизни человека.

На основе результатов анализа производственной деятельности вырабатываются рекомендации по улучшению условий труда на рабочем месте, минимизации рисков и предотвращению возможных производственных травм и заболеваний. Это может включать обучение работников правильному использованию оборудования, устройству рабочих мест, обеспечению своевременного профилактического обслуживания и ремонта оборудования, а также другие практические меры для улучшения условий труда.

Таким образом, анализ производственной деятельности является необходимой частью аттестации и проверки знаний в области охраны труда и позволяет улучшить условия труда, обеспечить безопасность и здоровье работников и повысить качество производства.

Для совершенствования анализа производственной деятельности как метода аттестации в области охраны труда следует рассмотреть несколько аспектов:

1. Развитие методов анализа. Необходимо внедрять новые методы анализа данных и процессов, такие как машинное обучение, искусственный интеллект, методологию Agile и т.д. Это поможет эффективнее и быстрее обрабатывать большие объемы информации, выявлять тенденции и прогнозировать возможные проблемы в области охраны труда.

2. Расширение круга вовлеченных в анализ. Анализ производственной деятельности должен проводиться не только руководителя-

ми и специалистами отдела охраны труда, но и сотрудниками компании, работающими на производстве. Такая практика способствует более полному и объективному анализу событий и процессов.

3. Внедрение программного обеспечения. Использование программного обеспечения для анализа производственной деятельности поможет автоматизировать процесс сбора и обработки данных, а также даст возможность создавать детализированные отчеты и графики для анализа.

4. Повышение квалификации специалистов. Регулярные тренинги, семинары, обучающие курсы и сертификационные программы помогут специалистам отдела охраны труда и руководителям развития компании улучшить свои навыки анализа производственной деятельности и углубить знания в области охраны труда.

5. Внедрение системы мониторинга и регулирования. Компаниям следует внедрять системы мониторинга и регулирования, которые будут позволять автоматически отслеживать сбои и проблемы в производственном процессе и уведомлять ответственных сотрудников. Это поможет вовремя выявлять и устранять проблемы, повышать безопасность труда и улучшать результативность компании.

III. Экспертная оценка. Экспертная оценка может быть эффективным методом аттестации и проверки знаний в области охраны труда. Этот метод подразумевает проведение анализа документации и визуального обзора рабочих мест, позволяет выявить проблемы в организации рабочего процесса и предложить меры по их устранению. Он предполагает оценку уровня знаний и навыков с помощью специалистов в данной области, которые имеют высокую квалификацию и опыт работы.

При использовании экспертной оценки в области охраны труда, эксперты могут оценить не только знания, но и практические навыки, умения реагировать на чрезвычайные ситуации и соблюдать правила безопасности на рабочем месте.

Этот метод может быть полезен для проверки знаний новых сотрудников, повышения квалификации и аттестации текущих сотрудников в области охраны труда. Экспертная оценка может также помочь идентифицировать проблемы и недостатки в системе охраны труда, что может дать возможность для улучшения безопасности на рабочем месте и снижения рисков

травм и несчастных случаев.

Для совершенствования экспертной оценки как метода проведения аттестации и проверки знаний в области охраны труда необходимо принимать во внимание следующие меры:

1. Систематическая подготовка экспертов: эксперты должны проходить обучение и повышение квалификации, а также регулярно участвовать в практических занятиях.

2. Разработка единых требований для проведения экспертизы и оценки знаний в области охраны труда: основными принципами должны быть простота, четкость и прозрачность.

3. Использование современных технологий для аттестации и проверки знаний: например, использование интерактивных онлайн-курсов и тестов с возможностью мгновенной обратной связи.

4. Контроль за соблюдением этики и профессиональных стандартов при проведении экспертизы и оценки знаний: эксперты должны соблюдать конфиденциальность, не допускать конфликта интересов и не присваивать себе результаты проверки.

5. Проведение независимой экспертизы и оценки знаний: для уменьшения вероятности возникновения коррупционных схем и подтасовки результатов, проведение проверки должно возлагаться на независимых экспертов, которые не заинтересованы в исходе проверки.

6. Систематический анализ результатов экспертизы и проверки знаний: для оптимизации методологии проведения аттестации и проверки знаний следует анализировать результаты экспертиз и оценок, и принимать соответствующие меры по совершенствованию методов.

IV. Обучение на практике. Этот метод предполагает обучение сотрудников на объекте производства, где они могут применять полученные знания на практике. Он помогает совершенствовать знания сотрудников и улучшать безопасность на рабочих местах.

Для проведения практических занятий могут использоваться различные методы, такие как обучение на рабочих местах, моделирование опасных ситуаций, различные тренинги и т.д. Важно, чтобы обучение на практике было максимально близко к реальным условиям труда.

Такой метод аттестации и проверки знаний позволяет лучше закрепить теоретические знания и научиться применять их на практике. Кроме того, это позволяет выявлять и устранять возможные ошибки и недочеты в знаниях.

Вся практическая часть обучения должна

проводиться под надзором опытных специалистов, которые смогут контролировать процесс и оценивать знания участников. Также необходимо проводить регулярные проверки знаний и повторять практические занятия для закрепления материала.

Совершенствование обучения на практике в области охраны труда – это важный аспект, который влияет на производительность, безопасность и удовлетворенность сотрудников. Организации, которые уделяют достаточное внимание этой области, могут наращивать конкурентные преимущества и повышать качество своей работы в целом.

Для того чтобы обучение в области охраны труда было эффективным, необходимо учитывать несколько аспектов:

1. Индивидуальный подход. Каждый сотрудник имеет свои особенности, а значит, и подход к обучению должен быть индивидуальным. Необходимо учитывать уровень знаний, профессиональные навыки, возраст и другие факторы.

2. Практический опыт. Формальная теория не всегда способна передать полноценное представление о том, какие приемы и методы могут быть применены на практике. Поэтому важно комбинировать теорию и практику.

3. Регулярность обучения. Охрана труда является динамической областью, поэтому необходимо актуализировать знания и навыки периодически. Сотрудникам необходимо предоставлять возможность посещать курсы повышения квалификации и тренинги.

4. Вовлечение сотрудников. Сотрудники должны быть вовлечены в процесс обучения и охраны труда. Необходимо слушать их мнения и предложения, а также формировать соответствующую мотивацию.

5. Открытость. Необходимо создавать открытую атмосферу, где сотрудники могут свободно общаться и выражать свои предложения и мнения. Также необходимо предоставлять открытые и доступные информационные ресурсы об охране труда.

Одно из ответвлений обучения на практике – это использование сертификации компетентности работников. Это означает, что работники должны продемонстрировать свою компетентность на практике, а не только на теоретических тестах. Например, они могут проходить практические испытания на рабочем месте или участвовать в симуляционных тренингах. Такой подход позволяет более точно оценить способности работников и готовность к выполнению опреде-

ленной работы.

Таким образом, обучение на практике является эффективным методом аттестации и проверки знаний в области охраны труда. Он позволяет лучше закрепить теоретические знания и научиться применять их на практике, что важно для обеспечения безопасности труда и здоровья работников.

V. Использование онлайн-курсов. Один из новых подходов к аттестации и проверке знаний в области охраны труда. Такие курсы позволяют работникам проходить обучение в любое удобное время и место, что особенно актуально для компаний с дистанционными или удаленными работниками. Кроме того, онлайн-курсы часто содержат интерактивные элементы (видеоуроки, тесты), что делает процесс обучения более привлекательным для слушателей.

В последние годы все больше компаний становятся заинтересованными в улучшении методов аттестации и проверки знаний своих работников в области охраны труда. Это связано с рядом причин, таких как повышение требований к безопасности труда со стороны государства, рост числа производственных аварий и несчастных случаев на предприятиях, а также увеличение ответственности работодателей перед своими сотрудниками.

Одним из примеров успешной реализации новых методов аттестации является ряд крупных российских компаний. В рамках программы по улучшению безопасности труда было разработано новое онлайн-обучение для всех работников компании. Обучение проводилось с помощью интерактивной платформы, которая позволяла проверять знания сотрудников в режиме реального времени.

После прохождения обучения каждый сотрудник должен был пройти тестирование на знание правил охраны труда. Тестирование проводилось также через специальную интерактивную платформу, что давало возможность оперативно проверить знания каждого работника и определить те области, в которых необходимо улучшение.

Кроме того, данные компании регулярно проводят практические занятия на производственных объектах с целью проверки знаний сотрудников по правилам охраны труда. В рамках этих занятий сотрудники проходят специальные тренинги, где им демонстрируются примеры правильного поведения в критических ситуациях.

Также для повышения безопасности труда была разработана новая система аттестации, ко-

торая включает в себя как онлайн-тестирование, так и практическое обучение на производственных объектах. Система аттестации позволяет оперативно выявлять недостатки в знаниях работников и своевременно корректировать программу обучения.

Более того, компании регулярно проводят мероприятия по повышению осведомленности среди своих работников по вопросам охраны труда. Эти мероприятия включают в себя не только лекции и тренинги, но и различные видеоматериалы, которые демонстрируют правильное поведение в критических ситуациях.

Таким образом, можно заключить, что для повышения безопасности труда необходимо регулярно улучшать методы аттестации и проверки знаний работников. Ряд крупных российских компаний примеры того, как это можно успешно реализовать на практике. Они доказывают, что новые методы аттестации и проверки знаний способствуют не только повышению безопасности труда на предприятии, но и улучшению производительности работы всего коллектива.

Важно, чтобы методы аттестации и проверки знаний были системными и включали в себя несколько этапов. Они должны соответствовать законодательству в области охраны труда и способствовать реальному повышению уровня безопасности на рабочих местах.

В заключение статьи можно отметить, что

улучшение методов аттестации и проверки знаний в области охраны труда является актуальной задачей для всех работодателей и представляет собой необходимый шаг на пути к повышению безопасности на производстве.

Современные технологии позволяют создавать более эффективные и удобные инструменты для проверки знаний, такие как онлайн-курсы, тестирование через мобильные приложения и другие. Важно также учитывать особенности каждого конкретного предприятия и разрабатывать методы аттестации в соответствии с его спецификой.

Однако не следует забывать о том, что проверка знаний должна быть лишь одной из составляющих системы охраны труда. Для достижения наилучших результатов необходимо комбинировать различные подходы – проведение тренингов, обучение новых сотрудников при поступлении на работу, регулярное обновление информации и пр.

В целом можно сказать, что развитие методов аттестации и проверки знаний в области охраны труда будет продолжаться и в дальнейшем, поскольку эта область является крайне важной для любой организации. Благодаря использованию современных технологий и инновационных подходов можно достичь значительного прогресса в этом направлении и обеспечить максимальную безопасность на рабочих местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.0.004-2015. "Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения" (вместе с "Программами обучения безопасности труда") от 01.03.2017 № 600-ст // Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. официальное. – Москва :Стандартинформ, 2017. – 41 с.
2. Добровольский В. С., Радоуцкий В. Ю. Культура безопасности жизнедеятельности – функциональная основа системы обеспечения безопасности и устойчивого развития Российской Федерации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 161-164.
3. Клесова С. В. Экспертная оценка эффективности методов обучения по охране труда // Молодой ученый. 2012. №4. С. 354-357.
4. Герасименко Н.С. Обучение, проверка знаний и навыков работников в области охраны труда / Н.С. Герасименко // Справочник специалиста по охране труда. – 2012. – № 1. – С. 18.
5. Сердюк В.С. О повышении эффективности обучения по охране труда работников / В.С. Сердюк, И.В. Ушаков // Справочник специалиста по охране труда. – 2011. – № 1. – С. 37.

REFERENCES

1. GOST 12.0.004-2015. "Interstate standard. The system of occupational safety standards. Organization of occupational safety training. General provisions" (together with "Occupational safety training programs") dated 01.03.2017 No. 600-st // Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. – Official edition. – Moscow :Standartinform, 2017. – 41 p.
2. Dobrovolsky V. S., Radoutsky V. Yu. Culture of life safety – the functional basis of the security and sustainable development system of the Russian Federation // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2011. No. 2. pp. 161-164.
3. Klesova S. V. Expert evaluation of the effectiveness of teaching methods on labor protection // Young scientist. 2012. No. 4. pp. 354-357.
4. Gerasimenko N.S. Training, testing of knowledge and skills of workers in the field of labor protection / N.S. Gerasimenko // Handbook of a specialist in labor protection. - 2012. – No. 1. – p. 18.
5. Serdyuk V.S. On improving the effectiveness of training on labor protection of workers / V.S. Serdyuk, I.V. Ushakov // Handbook of a labor protection specialist. - 2011. – No. 1. – p. 37.



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

д-р техн. наук, профессор, зав. каф. аэрологии, охраны труда и природы ФГБОУ ВО «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева», ведущий научный сотрудник отдела АО «НЦ ВостНИИ», Россия, 650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
Doctor of technical sciences, professor, aerology, labor protection and ecology department head, FGBOU VO KuzGTU named after T.F. Gorbachev "of the AO "ScC VostNII" department leading researcher, Russia, 650002, Kemerovo, Institutskaia st., 3



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

канд. техн. наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет») ФГБОУ ВО «КемГУ», г. Кемерово. Россия, 650056 г. Кемерово, Бульвар Строителей, д. 47.
candidate of technical sciences, associate professor of "Technospheric Safety" Department FGBOU VO "Kemerovo State University" Kemerovo, Russia, 650056 Kemerovo, Boulevard Stroiteley, 47



И.М. Угарова //I.M. Ugarova
ugarova260304@mail.ru

аспирант кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» ФГБОУ ВО «КемГУ», г. Кемерово. Россия, 650056 г. Кемерово, Бульвар Строителей, д. 47.
postgraduate student of the Department of Technospheric Safety, FGBOU VO "Kemerovo State University" Kemerovo, Russia, 650056 Kemerovo, Boulevard Stroiteley, 47



В.Г. Казанцев//V.G. Kazantsev
wts-01@mail.ru

доктор техн. наук, г. Бийск, научный консультант АО "НЦ ВостНИИ", Россия, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
doctor of technical sciences, Biisk, scientific consultant of JSC "NC VostNII", Russia, Kemerovo, Institutskaia St., 3



В.С. Зыков//V.S. Zykov
v.zykov@nc-vostnii.ru

доктор техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник АО «НЦ ВостНИИ», Россия, г. Кемерово, ул. Институтская, 3
doctor of technical sciences, professor, leading scientific researcher of JSC "SC VostNII", 3, Institutskaia St., Kemerovo, Russia

УДК 614.849

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF ASSESSING AND ENSURING FIRE SAFETY OF PEOPLE

В статье приведены существующие методологические принципы оценки и обеспечения безопасности людей при возникновении пожаров. Данные принципы для наглядности изложены в виде блок-схем. Описаны недостатки и внесены предложения по их устранению. Вместе с тем установлено, что пожарная безопасность актуальна во всех отраслях производства и жизнедеятельности людей, так как для реализации форм и условий соответствия применяется широкий спектр законодательных и нормативных актов Российской Федерации. Также в статье предложено внести ряд изменений в государственную, финансово независимую форму оценки – федеральный государственный пожарный надзор. Данная форма выбрана не только из-за своей финансовой независимости, но и возможности контроля при ее реализации иных форм оценок. Приведенный в статье материал впоследствии позволит разработать новые методологические принципы, основанные на индивидуализации объектов с возможностью разработки и реализации индивидуальных мероприятий, актуальных для обеспечения пожаробезопасности людей на объекте.

The article presents the existing methodological principles of assessing and ensuring the safety of people in the event of fires. These principles are presented in the form of flowcharts for clarity. The shortcomings are described and suggestions for their elimination are made. At the same time, it has been established that fire safety is relevant in all branches of production and human life, since a wide range of legislative and regulatory

acts of the Russian Federation is used to implement the forms and conditions of compliance. The article also proposes to make a number of changes to the state financially independent form of assessment – the federal state fire supervision. This form was chosen not only because of its financial independence, but also because of control over its implementation of other forms of assessments. The material given in the article will subsequently allow the development of new methodological principles based on the individualization of objects with the ability to develop and implement individual measures relevant to ensuring the fire safety of people at the facility.

Ключевые слова: ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ, ФОРМЫ ОЦЕНОК, УСЛОВИЯ СООТВЕТСТВИЯ, УСЛОВИЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ, ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, СНИЖЕНИЕ АДМИНИСТРАТИВНОЙ НАГРУЗКИ.

KEY WORDS: FIRE SAFETY, HUMAN SAFETY, ASSESSMENT FORMS, COMPLIANCE CONDITIONS, CONFIRMATION CONDITIONS, FIRE SAFETY, METHODOLOGICAL PRINCIPLES, REDUCTION OF ADMINISTRATIVE BURDEN.

Обеспечение безопасности граждан – это одна из основных задач государства, органов власти, органов местного самоуправления и организаций [1, 2]. Каждый имеет право на одинаковые безопасные условия труда и проживания.

Ежегодно от пожаров только в Российской Федерации гибнет более 8 тысяч людей, что наносит многомиллиардный ущерб [2]. Аналогичная ситуация и за рубежом [3].

Неутешительные статистические показатели свидетельствуют о необходимости совершенствования и разработки новых, современных форм и методов оценки, а также обеспечения пожаробезопасности людей [4]. Несмотря на значительное количество существующих форм и методов, их число и применение недостаточно. Основная доля форм оценок проводится федеральным государственным пожарным надзором (далее – ФГПН) с необходимостью безусловного выполнения требований пожарной безопасности (далее – ТПБ), установленных законодательными и нормативными документами, хоть и часть их интерпретируется для добровольного исполнения [5, 6]. Для разработки адресных мероприятий необходим переход от «жестких» требований по пожаробезопасности к адресным мероприятиям исходя из особенностей эксплуатации объекта, нахождения на нем пожароопасных веществ и материалов, количества людей, погодных условий, наступления опасных факторов пожара и так далее. Данный переход должен быть обеспечен законодательством, так как неисполнение ТПБ приводит к значительным штрафным санкциям со стороны государства при осуществлении ФГПН, в том числе при отсутствии угрозы возникновения пожаров и социально-экономического ущерба от них [7].

Данное свидетельствует о необходимости

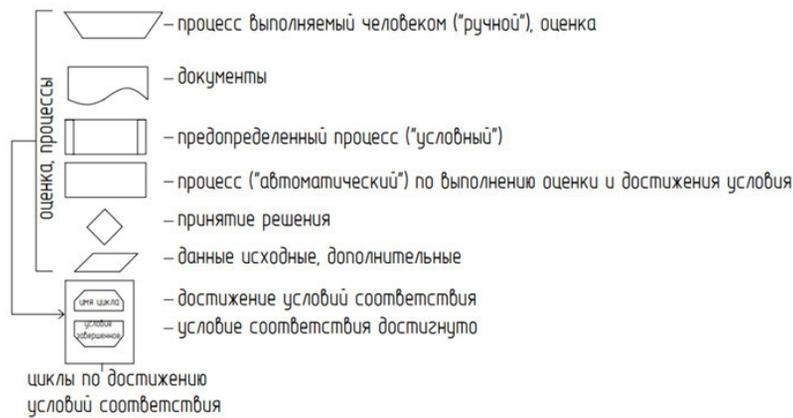
разработки методологических принципов оценки и обеспечения пожаробезопасности людей, совершенствование существующих принципов и интеграции в них дополнительных.

Перед тем как перейти к методологическим принципам, построим блок-схемы существующих форм оценок и условий соответствия объектов требованиям пожарной безопасности с отображением положительных и отрицательных аспектов. Блок-схемы наглядно покажут последовательность реализации пожаробезопасности людей и объектов.

Существующие формы оценок и условий соответствия

В соответствии с законодательством Российской Федерации в настоящее время действует 9 форм оценок и 5 условий соответствия объектов по пожаробезопасности [4]. В данных формах есть как положительные, так и отрицательные аспекты. Существующий методологический принцип оценки и условий обеспечения пожарной безопасности представлен в виде блок-схемы 1. При построении блок-схемы использованы символы процесса в соответствии с нормативным актам по порядку их построения [8].

Из схемы следует взаимосвязь различных форм оценок обеспечения пожаробезопасности и условий соответствия. Помимо взаимосвязи наблюдается взаимодействие и взаимодополнение. Так из форм оценок следует непосредственное дополнение подтверждения соответствия с учетом всех форм, независимая оценка пожарного риска (далее – НОР) включает исследование, экспертизу, приемку и ввод в эксплуатацию. ФГПН напрямую также зависит от приемки и ввода в эксплуатацию, экспертизы. При проведении исследований учитываются результаты ФГПН,



Блок-схема 1. Существующий принцип оценки и условий обеспечения пожаробезопасности
Block diagram 1. The existing principle of fire safety assessment and conditions

экспертиз, НОР и так далее. С учетом данных исследований можно сделать выводы о взаимодополнении различных форм оценок, их нельзя рассматривать как независимые друг от друга.

Аналогичная ситуация наблюдается при оценке условий соответствия объектов. К примеру, специальные технические условия (далее – СТУ) разрабатываются при отсутствии ТПБ для «уникальных» объектов. При невозможности выполнения ТПБ проводится расчет пожарных рисков, которыми математически обосновывается обеспечение безопасности людей. Стандарты организаций дополняют ТПБ при наличии на их объектах «уникальных» опасных факторов пожара характерных именно для данных организаций. Также в исследования, расчеты и испытания могут включаться иные условия соответствия.

Вышеизложенное позволяет провести совершенствование существующих принципов оценки и условий обеспечения пожаробезопасности объектов, а также предложить дополнительные, изменив стандартные методологические принципы.

Общий существующий методологический принцип, представленный на блок-схеме 1, рассмотрим в виде ряда циклов по достижении различных условий соответствия с учетом форм оценок, на примере ФГПН (блок-схема 2).

На вышеизложенном порядке наиболее просто возможно нанести (в виде пометок, выделенных красным цветом) мероприятия, позволяющие снизить административную нагрузку на предприятия, а именно:

1. Исключить возможность перехода от профилактического мероприятия к контрольному надзору или проверке, так как подконтрольные организации будут считать, что после профилактического мероприятия последует про-

верка, и будут препятствовать профилактике.

2. Исключить плановые КНМ и проверки, так как проведение данных надзорных мероприятий в отношении объектов определенной категории риска заведомо подразумевает наличие на них нарушений, которые необходимо пресекать надзорными контролирующими органами.

3. Для регулирования периодичности внеплановых КНМ и проверок необходимо на законодательном уровне внести критерии, на основании которых для тех или иных нарушений ТПБ будут установлены сроки по их выполнению.

4. Штрафные санкции должны применяться исключительно при повторном выявлении надзорными органами нарушений ТПБ, так как основная деятельность предприятия – ведение отдельных видов деятельности, а не обеспечение пожарной безопасности.

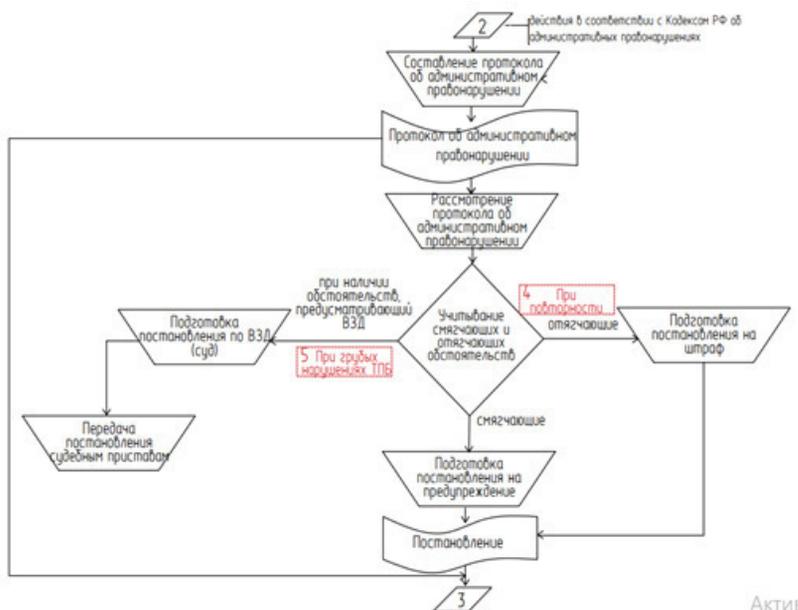
5. Ввести понятие грубых нарушений ТБП, так как временный запрет деятельности должен быть исключительной мерой административного наказания, влияющего на дальнейшее функционирование объекта.

Также на блок-схеме приведено условие соответствия объекта, применяемое при осуществлении ФГПН (зеленым цветом).

С учетом предлагаемых мероприятий по снижению административных нагрузок блок-схема 2 без учета предупреждения нарушений примет вид, представленный на блок-схеме 3.

Методологические принципы оценки и обеспечения пожарной безопасности

На блок-схемах 2 и 3 представлена существующая форма оценки и условий соответствия объекта ТПБ, в том числе с учетом предлагаемых изменений. Так как в настоящее время законодательством предусмотрено 9 форм и 5 условий соответствия, все их интегрируем в



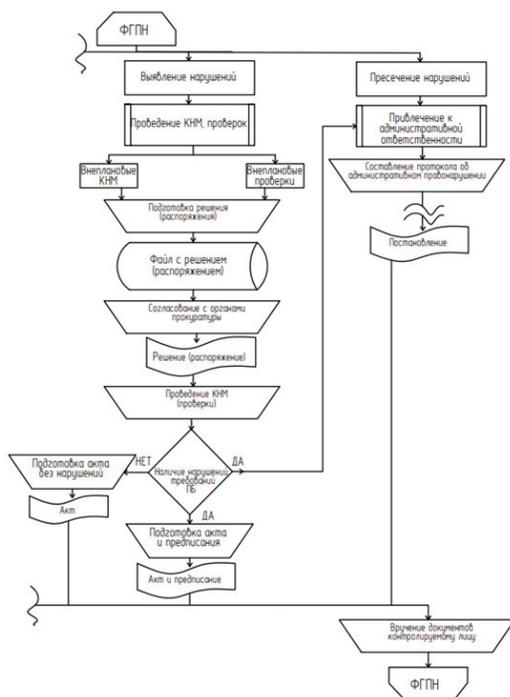
Блок-схема 2. ФГПН как форма оценки
Flowchart 2. FGPN as a form of evaluation

блок-схему 1, являющуюся существующим принципом оценки и условием обеспечения пожаробезопасности, более подробно представленной на блок-схеме 4.

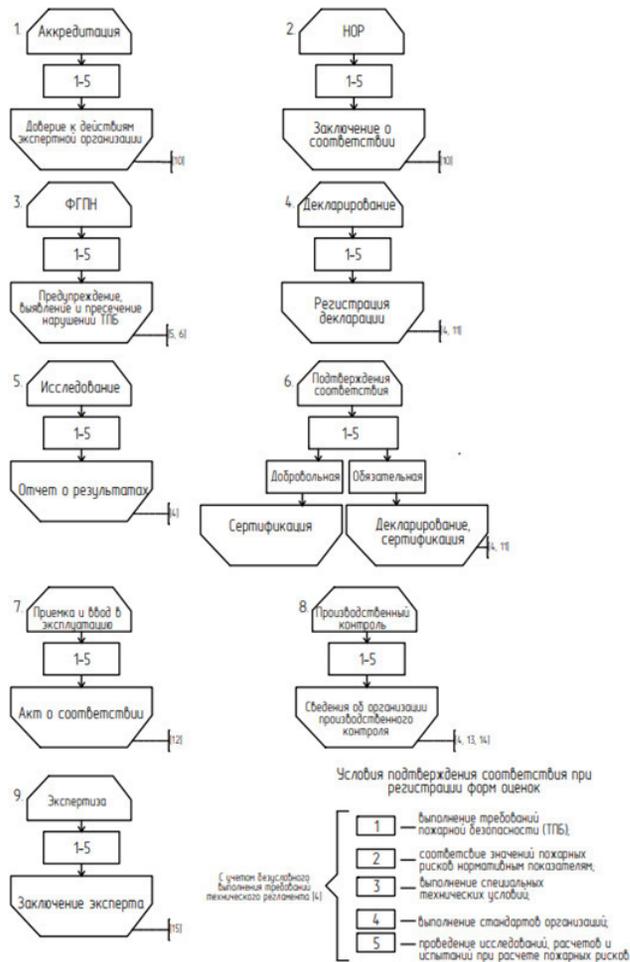
Данный принцип будет носить методологический характер, так как имеет признаки последовательности принятия установленных решений, которые впоследствии необходимо

доработать из-за значительного социально-экономического ущерба от пожаров.

Так как каждая форма оценки соответствия включает в себя все существующие условия подтверждения, то через условие все формы взаимосвязаны. Зачастую условия подтверждения, проведенные в одной форме, используются при реализации в другой форме. Так, к примеру, при



Блок-схема 3. Контрольно-надзорные и проверочные мероприятия с учетом предложенного снижения административной нагрузки
Flowchart 3. Control and supervisory and verification measures taking into account the proposed reduction of the administrative burden



Блок-схема 4. Существующий методологический принцип оценки и обеспечения пожаробезопасности объектов

Block diagram 4. The existing methodological principle of assessing and ensuring the fire safety of objects

проведении ФГПН проверяются результаты независимой оценки пожарного риска, декларирования, подтверждения соответствия и так далее.

Вышеизложенное приводит к отсутствию организованности процесса подтверждения безопасности людей, так как при реализации одной формы - условие соответствия объекта пожаробезопасности подтверждается, при выполнении другой формы - не подтверждается. Для решения данного недостатка необходима систематизация существующих форм и условий соответствия, при необходимости добавление новых. Необходимо разграничение условий соответствия при выполнении тех или иных форм, то есть условия должны адресно соответствовать соответствующим формам.

С учетом данной работы собственник объекта сможет выбрать для себя приемлемую форму соответствия, при реализации которой не будет необходимости в проведении другой. Это позволит избежать дополнительных затрат для

организаций с учетом отсутствия потребности проведения нескольких форм оценок соответствия объектов защиты и подтверждение всех существующих условий соответствия.

Для реализации данных исследований необходимо внесение ряда изменений в законодательные и нормативные акты Российской Федерации. Разработка дополнительных форм оценок и условий соответствия позволит организациям избежать дополнительных финансовых затрат при достижении безопасности людей.

Также необходимо учитывать функциональное назначение объектов, так как распространение опасных факторов пожара происходит индивидуально, в том числе в зависимости от объемно-планировочных решений. Условия соответствия должны быть индивидуальны в зависимости от необходимости обеспечения безопасности людей и чужого имущества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция Российской Федерации. Новая редакция (с комментариями Конституционного Суда РФ). – Москва: Проспект, 2022. – 120 с.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ. – Москва: Омега-Л, 2022. – 268 с.
3. Статистика [Электронный ресурс] // МЧС России, 2023. – URL: <https://mchs.gov.ru>
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ. Последняя редакция. – Москва: ЦЕНТРМАГ, 2022. – 144 с.
5. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в РФ Федеральный закон от 31.07.2020 №248-ФЗ. – Москва: ЦЕНТРМАГ, 2023. – 124 с.
6. Постановление Правительства РФ от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре» (вместе с «Положением о федеральном государственном пожарном надзоре»). – Москва: ЦЕНТРМАГ, 2023. – 60 с.
7. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях на 1 марта 2023 года. – Москва: АСТ, 2023. – 672 с.
8. ГОСТ 19.701-90. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. – Введен 01.01.1992 г. – Москва: Издательство стандартов: Стандартиформ, 2010 г. – 24 с.
9. О пожарной безопасности. Федеральный закон от 21.12.1994 №69-ФЗ. – Москва: ЦЕНТРМАГ, 2023. – 56 с.
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.08.2020 №1325 «Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска». – Введен 31.08.2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565643337>
11. Приказ МЧС РФ от 16.03.2020 г. № 171 «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по предоставлению государственной услуги по регистрации декларации пожарной безопасности и формы декларации пожарной безопасности». – Введен 16.03.2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564672837>
12. Градостроительный кодекс РФ. – Москва: Проспект, 2022. – 416 с.
13. Постановление Правительства РФ от 18.04.2020 №2168 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности». – Введен 18.04.2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191668>
14. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ 2023 год. - Москва: ЦЕНТРМАГ, 2023 г. – 44 с.
15. Гражданский процессуальный кодекс РФ. – Москва: Эксмо, 2022. – 192 с.

REFERENCES

1. The Constitution of the Russian Federation. New edition (with comments of the Constitutional Court of the Russian Federation). – Moscow: Prospect, 2022. – 120 p.
2. The Labor Code of the Russian Federation No. 197-FZ dated 30.12.2001. – Moscow: Omega-L, 2022. – 268 p
3. Statistics [Electronic resource] // EMERCOM of Russia, 2023. – URL: <https://mchs.gov.ru>
4. Technical regulations on fire safety requirements. Federal Law No. 123-FZ of 22.07.2008. The latest edition. – Moscow: TSENTRMAG, 2022. – 144 p.
5. Federal Law No. 248-FZ of 31.07.2020 on State Control (Supervision) and Municipal Control in the Russian Federation. – Moscow: TSENTRMAG, 2023. – 124 p.
6. Decree of the Government of the Russian Federation No. 290 dated 12.04.2012 "On Federal State Fire Supervision" (together with the "Regulations on Federal State Fire Supervision"). – Moscow: TSENTRMAG, 2023. – 60 p.
7. The Code of Administrative Offences of the Russian Federation as of March 1, 2023. – Moscow: AST, 2023. – 672 p
8. GOST 19.701-90. Unified system of software documentation. Schemes of algorithms, programs, data and systems. Conventions and execution rules. – Introduced on 01.01.1992 – Moscow: Publishing House of Standards: Standartinform, 2010 – 24 p.
9. About fire safety. Federal Law No. 69-FZ of 21.12.1994. – Moscow: TSENTRMAG, 2023. – 56 p.
10. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1325 dated 31.08.2020 "On Approval of the Rules for Assessing the Conformity of Protection Objects (Products) with Established Fire Safety Requirements by Independent fire Risk Assessment". – Entered on 31.08.2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565643337>
11. Order of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation No. 171 dated 03/16/2020 "On approval of the Administrative Regulations of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of consequences of Natural Disasters on the provision of state services for registration of the declaration of fire safety and the form of the declaration of fire safety". – Entered on 03/16/2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564672837>
12. Urban Planning Code of the Russian Federation. – Moscow: Prospekt, 2022. – 416 p
13. Decree of the Government of the Russian Federation No. 2168 dated 04/18/2020 "On the organization and implementation of production control over compliance with industrial safety requirements". – Entered on 04/18/2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191668>
14. On industrial safety of hazardous production facilities. Federal Law No. 116-FZ of 21.07.1997, 2023. - Moscow: TSENTRMAG, 2023 – 44 p.
15. The Civil Procedure Code of the Russian Federation. – Moscow: Eksmo, 2022. – 192 p.



А.В. Дягилева//A.V. Dyagileva
dyagileva1952@mail.ru

канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева» (КузГТУ), Россия, 650026, г.Кемерово, ул.Весенняя, 28

Candidate of technical sciences, associate professor of FGBOU VO "Kuzbass State Technical University named after T.F.Gorbachev (KuzSTU), 28, Vesenniaia St., Kemerovo, 650026, Russia



П.А. Пылов // P.A. Pylov
gedrosten@mail.ru

магистр ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева» (КузГТУ), Россия, 650026, г.Кемерово, ул.Весенняя, 28
Magister of FGBOU VO "Kuzbass State Technical University named after T.F.Gorbachev (KuzSTU), 28, Vesenniaia St., Kemerovo, 650026, Russia

УДК 622.831

ИНТЕРПРЕТИРУЕМЫЕ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ

INTERPRETABLE MACHINE LEARNING MODELS TO PROVIDE TECHNOLOGICAL SAFETY IN MINING

В данной статье обсуждаются интерпретируемые модели машинного обучения для обеспечения технологической безопасности горных работ. Горные работы представляют собой опасную деятельность, связанную с риском для жизни и здоровья работников, а также возможностью экологического вреда. В связи с этим возникает необходимость разработки эффективных и надежных методов обеспечения безопасности при выполнении горных работ. Одним из методов, позволяющих повысить уровень безопасности, является использование машинного обучения. В данной статье рассматриваются интерпретируемые модели машинного обучения, которые позволяют получить не только точные результаты, но и понимание принятых решений. Это особенно важно при выполнении горных работ, когда любая ошибка может привести к серьезным последствиям. Статья включает обзор существующих методов машинного обучения и анализ их применимости к задаче обеспечения технологической безопасности горных работ. Также рассматриваются основные принципы построения интерпретируемых моделей машинного обучения и методы их оценки. Основная часть статьи посвящена описанию реализации интерпретируемых моделей машинного обучения для задачи обеспечения технологической безопасности горных работ. В частности рассматриваются модели, основанные на деревьях решений, линейной регрессии, градиентном бустинге и нейронных сетях. Для каждой модели приводится описание ее особенностей и примеры использования. В заключительной части статьи обсуждаются преимущества и недостатки использования интерпретируемых моделей машинного обучения для обеспечения технологической безопасности горных работ. Также предлагаются направления для дальнейших исследований, связанных с улучшением интерпретируемости моделей и разработкой новых методов машинного обучения для задач обеспечения безопасности в горной промышленности.

This article discusses interpreted machine learning models to ensure the technological safety of mining operations. Mining is a dangerous activity associated with the risk of life and health of workers, as well as the possibility of environmental harm. In this regard, there is a need to develop effective and reliable methods of ensuring safety during mining operations. One of the methods to increase the level of safety is the use of machine learning. This article discusses interpreted machine learning models that allow you to get not only accurate results, but also an understanding of the decisions made. This is especially important when performing mining operations, when any mistake can lead to serious consequences. The article includes an overview of existing machine learning methods and an analysis of their applicability to the task of ensuring technological safety of mining operations. The basic principles of constructing interpreted machine learning models and methods of their evaluation are also considered. The main part of the article is devoted to the description of the implementation of interpreted machine learning models for the task of ensuring technological safety of mining operations. In particular, models based on decision trees, linear regression, gradient boosting and neural networks are considered. For each model, a description of its features and usage examples are provided. The final part of the article discusses the advantages and disadvantages of using interpreted machine learning

models to ensure the technological safety of mining operations. The directions for further research related to improving the interpretability of models and the development of new machine learning methods for safety tasks in the mining industry are also proposed.

Ключевые слова: ШАХТА; УГОЛЬНАЯ ОТРАСЛЬ; РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ; ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ; ИНТЕРПРЕТИРУЕМЫЕ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.
KEY WORDS: MINE; COAL INDUSTRY; MINING; ARTIFICIAL INTELLIGENCE; INTERPRETED MACHINE LEARNING MODELS.

Горнодобывающая промышленность является одной из наиболее опасных отраслей промышленности, где возможность происшествий и аварий очень высока. Каждый год в горных работах происходят сотни несчастных случаев, которые часто приводят к травмам и смерти работников. В этой связи обеспечение технологической безопасности горных работ становится важнейшей задачей для предприятий горнодобывающей отрасли.

В последние годы машинное обучение и анализ данных нашли широкое применение в горнодобывающей отрасли. Однако, как правило, модели машинного обучения являются "черными ящиками", то есть сложными математическими моделями, которые не могут быть объяснены простым языком. Это создает проблему интерпретации результатов, особенно когда речь идет о принятии важных решений, касающихся технологической безопасности.

В данной статье мы рассмотрим применение интерпретируемых моделей машинного обучения для обеспечения технологической безопасности горных работ. Мы обсудим, какие модели машинного обучения могут быть использованы для решения задач безопасности в горнодобывающей отрасли и как эти модели могут быть интерпретированы. Мы также рассмотрим примеры применения интерпретируемых моделей машинного обучения в горнодобывающей отрасли.

Модели машинного обучения могут быть использованы для решения различных задач, связанных с технологической безопасностью горных работ. Некоторые из этих задач включают:

- Предсказание возможных аварий и инцидентов на основе данных датчиков и других источников информации [1,2].
- Классификация видов пород, определение их физических свойств и параметров, таких как: плотность, твердость и прочность [3,4].
- Обнаружение и классификация опасных газов, таких как: метан и угарный газ [5,6].
- Определение оптимальных параметров.

Для решения задач обеспечения технологической безопасности горных работ использование интерпретируемых моделей машинного обучения является весьма перспективным подходом. Эти модели позволяют не только достигать высокой точности предсказания, но и интерпретировать принятые решения, тем самым обеспечивая прозрачность и объяснимость процесса принятия решений. Интерпретируемость моделей машинного обучения является необходимым условием для их применения в задачах, связанных с жизненно важными решениями – обеспечение безопасности в горной промышленности.

Результаты исследования показывают, что модели машинного обучения, которые можно интерпретировать, могут быть применены в горной промышленности для решения различных задач, связанных с обеспечением безопасности. Например, в работе [5] была исследована возможность использования моделей случайного леса и градиентного бустинга для определения опасных зон в шахте. В этой работе было продемонстрировано, что использование интерпретируемых моделей машинного обучения позволяет значительно улучшить точность определения опасных зон.

Кроме того, интерпретируемые модели машинного обучения могут быть использованы для решения задач обнаружения аномалий в данных. В работе [6] был предложен метод на основе логистической регрессии для обнаружения аномалий в реальных данных горных работ. Этот метод позволяет интерпретировать решения модели и выявлять наиболее значимые признаки, которые свидетельствуют о наличии аномалий в данных.

Интерпретируемые модели машинного обучения также могут быть использованы для решения задач классификации. В работе [7] был предложен метод на основе алгоритма градиентного бустинга для классификации геологических объектов. В этой работе было продемонстрировано, что использование интерпретируемых моделей машинного обучения позволяет достигать

высокой точности классификации и одновременно обеспечивать интерпретируемость решений.

Одним из примеров интерпретируемых моделей машинного обучения для обеспечения технологической безопасности горных работ является решающее дерево. Решающее дерево позволяет легко интерпретировать результаты классификации или регрессии, так как его структура аналогична дереву принятия решений, которое может быть легко объяснено человеку [10]. Однако решающее дерево может иметь слабую точность предсказаний, особенно когда количество признаков очень велико или существуют многоуровневые зависимости между признаками [11]. Эти зависимости могут быть выражены в технологических изображениях, например, спектрограммах сейсмической активности (рисунок 1).

Ещё одним примером интерпретируемых моделей машинного обучения является логистическая регрессия. Логистическая регрессия используется для бинарной классификации и может быть интерпретирована как модель, которая оценивает вероятность принадлежности объекта к классу. Она может быть легко интерпретирована, так как использует линейную комбинацию признаков, и коэффициенты этой комбинации могут быть использованы для объяснения вклада каждого признака в прогнозирование [10].

Однако даже интерпретируемые модели

машинного обучения могут иметь свои недостатки. Например, они могут страдать от переобучения, когда модель слишком хорошо подстроена под обучающие данные, что приводит к плохим результатам на новых данных. Или же они могут страдать от недообучения, когда модель не может адекватно обобщить данные, что также приводит к плохим результатам на новых данных [12].

Для того чтобы решить эти проблемы, можно использовать методы регуляризации, которые позволяют уменьшить влияние шумовых или несущественных признаков, а также избежать переобучения. В методах регуляризации используются дополнительные штрафы за сложность модели, что помогает уменьшить ее сложность и избежать переобучения [13]. Кроме того, существуют методы построения интерпретируемых моделей, которые позволяют использовать несколько моделей, взвешенных в зависимости от их точности.

Важно отметить, что применение интерпретируемых моделей машинного обучения в горнодобывающей отрасли не ограничивается только задачами классификации и регрессии. Существует множество других задач, где данные методы также могут быть эффективными [5, 7]. Например, одной из таких задач может быть оптимизация процесса бурения. Интерпретируемые модели могут использоваться для прогнози-

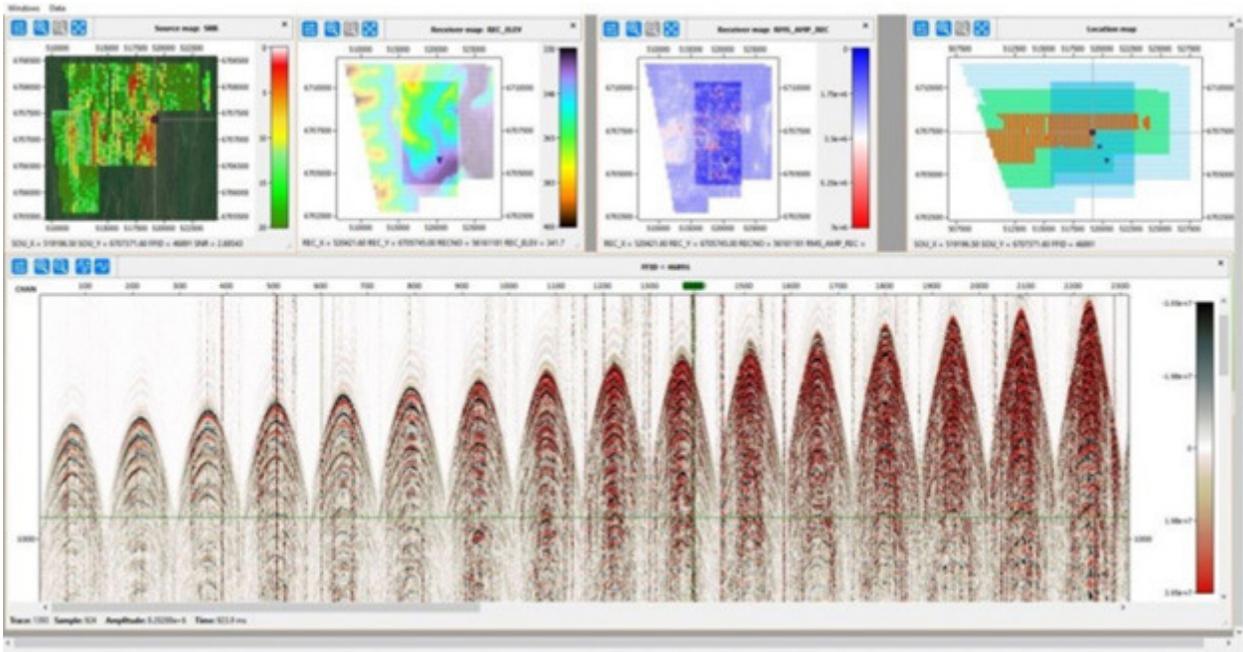


Рисунок 1. Пример спектрограммы сейсмической активности (графического представления технологической информации предметной области)

Figure 1. An example of a seismic activity spectrogram (a graphical representation of the technological information of the subject area)

рования параметров бурения на основе собранных данных, таких как: глубина скважины, тип грунта, скорость вращения буровой установки и другие подобные задачи предметной области горного дела. Полученные прогнозы могут помочь в принятии решений о необходимости изменения параметров бурения для повышения эффективности и безопасности процесса.

Также интерпретируемые модели могут быть полезными при анализе здоровья и безопасности горняков. Например, они могут использоваться для прогнозирования вероятности возникновения определенных заболеваний у горняков на основе медицинских данных и условий работы. Это может помочь в раннем выявлении заболеваний и принятии мер для их предотвращения.

Интерпретируемые модели также могут быть полезны при обработке данных, связанных с добычей полезных ископаемых. Например, они могут использоваться для прогнозирования качества руды на основе ее химических и физических свойств, что поможет определить наиболее эффективные методы ее обработки.

Однако необходимо учитывать, что интерпретируемые модели не всегда являются

лучшим выбором для всех задач машинного обучения. В некоторых случаях сложные модели, которые не так легко интерпретировать, могут быть более эффективными в решении определенных задач. Также необходимо учитывать возможные проблемы сбора данных и необходимость правильного их анализа и обработки.

В заключение можно отметить, что применение интерпретируемых моделей машинного обучения для обеспечения технологической безопасности горных работ может быть эффективным инструментом. Однако для достижения наилучших результатов необходимо учитывать все критерии, которые оказывают существенное влияние на рассматриваемую исследователями задачу, так как такой подход позволит подобрать наиболее точный алгоритм аппроксимации данных, который не только позволит решить задачу интеллектуальной моделью машинного обучения, но и интерпретировать процесс получения итогового решения, открывая «ход рассуждений» программы для специалистов предметной области горнодобывающей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Doshi-Velez, F., & Kim, B. Towards a rigorous science of interpretable machine learning // arXiv.org e-Print Archive. 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/pdf/1702.08608.pdf> (дата обращения: 29.04.2023).
2. Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. "Why should I trust you?" Explaining the predictions of any classifier // In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining, 2016, pp. 1135-1144.
3. Liu, X., Wang, Y., Wang, Z., & Chen, W. Towards better understanding of gradient-based attribution methods for deep neural networks // arXiv.org e-Print Archive. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/pdf/1711.06104.pdf> (дата обращения: 29.04.2023).
4. Sundararajan, M., Taly, A., & Yan, Q. Axiomatic attribution for deep networks // In Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning, Volume 70, 2017, pp. 3319-3328.
5. Lou, Y., Caruana, R., Gehrke, J., & Hooker, G. Accurate intelligible models with pairwise interactions // In Proceedings of the 15th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, 2012, pp. 656-665.
6. Wachter, S., Mittelstadt, B., Russell, C. Counterfactual explanations without opening the black box: Automated decisions and the GDPR // Harvard Journal of Law & Technology, 2018, P. 1-58.
7. Bach, S., Binder, A., Montavon, G., Klauschen, F., Müller, K. R., & Samek, W. On pixel-wise explanations for non-linear classifier decisions by layer-wise relevance propagation // PloS one, 2015, P. 1301-1340.
8. Chen, H., Wang, C. An overview of interpretability of machine learning // Chinese Journal of Aeronautics, 2020, P. 2258-2269.
9. Lipton, Z. C. The Mythos of Model Interpretability // arXiv.org e-Print Archive. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/pdf/1606.03490.pdf> (дата обращения: 29.04.2023).
10. Martens, D., Provost, F. Explaining data-driven document classifications // Journal of Machine Learning Research, 2013, P. 1825-1858.
11. Rudin, C. Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead // Nature Machine Intelligence, 2019, P. 206-215.
12. Shrikumar, A., Greenside, P., Kundaje, A. Learning important features through propagating activation differences // arXiv.org e-Print Archive. 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/pdf/1704.02685.pdf> (дата обращения: 29.04.2023).

REFERENCES

1. Doshi-Velez, F., & Kim, B. Towards a rigorous science of interpretable machine learning // arXiv.org e-Print Archive. 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/pdf/1702.08608.pdf> (дата обращения: 29.04.2023).
2. Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. "Why should I trust you?" Explaining the predictions of any classifier // In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining, 2016, pp.

- 1135-1144.
3. Liu, X., Wang, Y., Wang, Z., & Chen, W. Towards better understanding of gradient-based attribution methods for deep neural networks // arXiv.org e-Print Archive. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/pdf/1711.06104.pdf> (дата обращения: 29.04.2023).
 4. Sundararajan, M., Taly, A., & Yan, Q. Axiomatic attribution for deep networks // In Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning, Volume 70, 2017, pp. 3319-3328.
 5. Lou, Y., Caruana, R., Gehrke, J., & Hooker, G. Accurate intelligible models with pairwise interactions // In Proceedings of the 15th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, 2012, pp. 656-665.
 6. Wachter, S., Mittelstadt, B., Russell, C. Counterfactual explanations without opening the black box: Automated decisions and the GDPR // Harvard Journal of Law & Technology, 2018, P. 1-58.
 7. Bach, S., Binder, A., Montavon, G., Klauschen, F., Müller, K. R., & Samek, W. On pixel-wise explanations for non-linear classifier decisions by layer-wise relevance propagation // PloS one, 2015, P. 1301-1340.
 8. Chen, H., Wang, C. An overview of interpretability of machine learning // Chinese Journal of Aeronautics, 2020, P. 2258-2269.
 9. Lipton, Z. C. The Mythos of Model Interpretability // arXiv.org e-Print Archive. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/pdf/1606.03490.pdf> (дата обращения: 29.04.2023).
 10. Martens, D., Provost, F. Explaining data-driven document classifications // Journal of Machine Learning Research, 2013, P. 1825-1858.
 11. Rudin, C. Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead // Nature Machine Intelligence, 2019, P. 206-215.
 12. Shrikumar, A., Greenside, P., Kundaje, A. Learning important features through propagating activation differences // arXiv.org e-Print Archive. 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/pdf/1704.02685.pdf> (дата обращения: 29.04.2023).

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



П.Б. Герике // P.B. Gericke
am_besten@mail.ru

канд. техн. наук, доцент Институт угля
Федерального Исследовательского
Центра угля и углехимии СО РАН, г. Ке-
мерово пр. Ленинградский, 10
C.Sc. (Engineering), Associate Professor
Institute of Coal of the Federal Research
Center of Coal and Coal Chemistry of
SB RAS, 10 Leningradsky Prospect,
Kemerovo, Russian Federation.



Б.Л. Герике // B. L. Gericke
gbl_42@mail.ru

доктор техн. наук, профессор, Институт
угля Федерального Исследовательского
Центра угля и углехимии СО РАН, г. Ке-
мерово пр. Ленинградский – 10, Кузбас-
ский государственный технический уни-
верситет имени Т.Ф. Горбачева, 650026,
Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
doctor of technical sciences, professor
Institute of Coal of the Federal Research
Center of Coal and Coal Chemistry of
SB RAS, 10 Leningradsky Prospect,
Kemerovo, Russian Federation. T.F.
Gorbachev Kuzbass State Research
University, Vesennyaya street 28,
Kemerovo, Russian Federation

УДК 681.518.5

КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСЦЕНТРОВКИ ВАЛОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН SHORT-TERM PREDICTION OF SHAFT MISALIGNMENT ON MINING MACHINERY EQUIPMENT

В данной статье приводятся некоторые результаты расчетов с использованием предложенной математической адаптивной модели и единых диагностических критериев, созданных с учетом комплексного анализа параметров вибрации динамического оборудования горных машин, что позволило авторам настоящей работы приблизиться к решению задачи по созданию комплексного кратко- и среднесрочного прогноза технического состояния оборудования электрических карьерных экскаваторов, без которого невозможно на современном техническом уровне совершенствовать управление системой ремонтов горного оборудования. На примере расцентровки валов динамического оборудования электрических карьерных экскаваторов провести апробацию разработанного программного обеспечения для прогнозирования технического состояния горных машин. Оценить достоверность результатов краткосрочного прогнозирования, получаемых при помощи разработанного специализированного программного обеспечения, и доказать эффективность оценки изменения технического состояния обследованной горной техники. При создании единых диагностических критериев использовались принципы оптимальной скаляризации данных по параметрам механических колебаний. Для анализа вибрации применялся комплексный вибродиагностический подход, который включал результаты спектрального анализа, анализ характеристики выбега, эксцесс и анализ огибающей спектра. В рамках настоящего исследования доказана принципиальная эффективность разработанного на основе предложенной адаптивной модели и новых единых диагностических критериев оригинального программного обеспечения, предназначенного для прогнозирования технического состояния горных машин. Полученные результаты могут быть использованы для включения в существующую систему управления ремонтами горной техники, действующую на угольных предприятиях России, элементов обслуживания по фактическому состоянию, что в конечном итоге послужит сокращению числа непроизводительных простоев экскаваторного парка и позволит уменьшить количество аварий, вызванных недопустимым состоянием эксплуатируемых горных машин.

Relevance of the work. In this article, without claiming completeness of coverage, the results of calculations are presented using the proposed mathematical adaptive model and unified diagnostic criteria created from the results of a comprehensive analysis of the vibration parameters of the dynamic equipment of mining shovels, which allowed the authors of this work to approach the solution of the problem of creating a short- and medium-term forecast the technical condition of the equipment of electric mining excavators, without which it is impossible to improve the management of the mining equipment repair system at the modern technical level. On the example of one of the most common defects in the dynamic equipment of electric mining shovels, to test the developed software for predicting the technical condition of mining machines. Assess the reliability of the results of short-term forecasting obtained using the developed specialized software, and prove the effectiveness of the forecasts made for changes in the technical condition of the diagnosed mining equipment. When creating unified diagnostic criteria, the principles of optimal scalarization of data on the parameters of mechanical vibrations were used. For vibration analysis, a complex vibrodiagnostic approach was used, which included the results of spectral analysis, analysis of the run-out characteristic, kurtosis, and spectrum envelope analysis. In the framework of this research, the fundamental effectiveness of the original software developed on the basis of the proposed adaptive model and new unified diagnostic criteria, designed to predict the technical condition of mining machines, has been proved. The results obtained can be used to include maintenance elements according to the actual state into the current mining equipment repair management system operating at coal enterprises in Russia. As a result, all this will serve to reduce unproductive downtime of mining shovels and will reduce the number of accidents caused by the unacceptable state of operated mining machines.

Ключевые слова: ВИБРОДИАГНОСТИКА, РАСЦЕНТРОВКА, ЕДИНЫЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ, ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, КАРЬЕРНЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ.

Key words: VIBRATION ANALYSIS, MISALIGNMENT, A SINGLE DIAGNOSTIC CRITERION, ENERGY-MECHANICAL EQUIPMENT, MINING SHOVELS.

Введение. Значительная часть из эксплуатируемых в Кузбассе электрических карьерных экскаваторов, подлежащих прохождению обязательной процедуры экспертизы промышленной безопасности технических устройств на опасных производственных объектах (ЭПБ ТУ ОПО), находится сегодня в предельно допустимом, или даже в аварийном техническом состоянии, что оказывает прямое влияние на безопасность проводимых открытых горных работ и итоговую себестоимость добычи полезных ископаемых. Доля таких машин, по некоторым оценкам, может достигать до 10...20% от общего числа технических устройств, подлежащих ЭПБ ТУ ОПО [1].

В рамках выполнения совместного научного проекта администрации Кемеровской области и Российского Фонда Фундаментальных Исследований № 20-48-420010 учеными ФИЦ УУХ СО РАН и ФГБОУ ВО КузГТУ был осуществлен анализ диагностической информации по параметрам механических колебаний, полученной на выборке из двадцати пяти карьерных экскаваторов типа ЭШ и ЭКГ, наблюдение за которой осуществлялось на протяжении трех лет. В результате удалось создать новые единые диагностические критерии (ЕДК), которые могут использоваться для диагностики и прогнозирования

технического состояния самых разных элементов энерго-механического оборудования горных машин – от подшипников качения до зубчатых передач в составе редукторов различных типов и конструкций. Использование этих ЕДК в качестве параметров математической адаптивной модели открыло инновационный путь к решению проблемы адекватного средне- и краткосрочного прогнозирования процессов деградации фактического состояния горного оборудования.

Анализ исходных диагностических данных по параметрам вибрации позволил заключить, что широкое распространение на энерго-механическом оборудовании горных машин получили такие дефекты энерго-механического оборудования, как нарушение жесткости опорной системы, дефекты подшипников качения (включая ослабление посадки и нарушение режима смазки), повреждения зубчатых передач и соединительных муфт, а также дефекты электрической природы [1]. Из всех этих дефектов особо следует выделить такой высокоэнергетический процесс, как нарушение соосности валопроводов динамически работающих агрегатов, который влечет за собой появление и развитие множества других дефектов, способствуя быстрому выходу из строя подшипников и увеличивая общий уровень вибронгруженности агрегата [2...10].

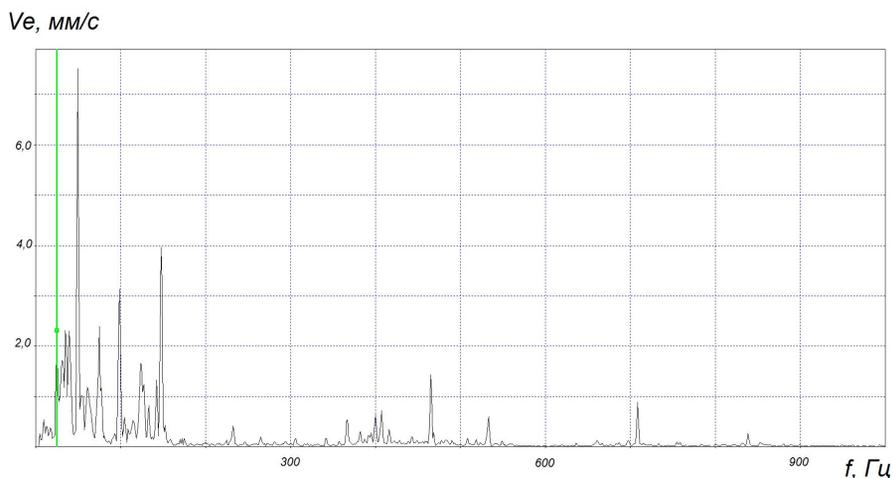


Рисунок 1. Базовый диагностический признак расцентровки валов на примере преобразовательного агрегата ЭКГ-5А

Figure 1. Basic diagnostic feature of shaft misalignment on the example of the ECG-5A converter unit

Признаки недостаточно качественно проведенной центровки присутствуют практически повсеместно, при желании их можно найти почти на каждом карьерном экскаваторе, отслужившем свой нормативный срок и подлежащем прохождению обязательной процедуры экспертизы промышленной безопасности. Ценность результатов выполненных работ по созданию комплекса ЕДК, используемых в качестве моделируемых параметров математической деградационной модели и разработанного программного обеспечения для прогнозирования процессов развития различных дефектов горного оборудования заключается в том, что внедрение на практике результатов прогнозирования позволит минимизировать количество ошибок в анализе данных и планировании логистики, появление которых связано с наличием человеческого фактора, а также оптимизировать трудозатраты на выполнение контроля параметров вибрации и обработку получаемых данных [1, 11].

Результаты и их применение. Научные результаты, полученные в рамках выполнения гранта Кемеровской области и РФФИ № 20-48-420010 [12], позволяют заключить, что наиболее надежным признаком, который можно эффективно использовать в качестве единого диагностического критерия для расцентровки валопроводов агрегатов динамически работающего оборудования карьерных экскаваторов является вклад в общий уровень стандартного спектра по параметру виброскорости амплитуд гармоник оборотной (f_p) и удвоенной оборотной ($2f_p$) частот, для достоверного распознавания которых целесообразно использовать спектральные маски, полученные на основе статистиче-

ской обработки результатов вибромониторинга. Собранный обширный статистический материал по параметрам вибрации энерго-механического оборудования электрических карьерных экскаваторов, позволил с высокой вероятностью ($P \geq 0,95$) обосновать оценки технического состояния электромеханического оборудования по параметрам механических колебаний, которые могут быть использованы для построения прогностических моделей исчерпания его ресурса [1].

В качестве примера на рисунке 1 приведен спектр генераторной группы экскаватора ЭКГ-5А, иллюстрирующий развитие ярко выраженной расцентровки валопровода преобразовательного агрегата. В данном конкретном случае нарушение технологии монтажа генератора напора привело к появлению несоосности валов электрических машин, а также к развитию еще ряда сопутствующих дефектов – ослаблению посадки и появлению множественных повреждений подшипника со стороны генератора подъема.

Для идентификации данной группы дефектов существует большое количество узкоспециализированных методов контроля вибрации, а также имеются представительные базы данных вибрации по однотипному оборудованию горной техники, работающему на постоянных частотах (в частности, для генераторных групп карьерных экскаваторов). Полученные в рамках выполнения комплексного анализа данных научные результаты были использованы при создании ЕДК для диагностики расцентровки, основу которого составили признаки из области спектрального анализа, обобщенные с использованием прин-

Таблица 1. Результаты вибрационной диагностики и расчета комплексных критериев для расцентровки валов оборудования карьерных экскаваторов
 Table 1. Results of vibration diagnostics and calculation of complex criteria for shaft alignment of equipment of quarry excavators

№ п/п	Место измерения			Результаты виброобследования		Результаты дефектовки	Комплексный критерий	Недостовверные результаты	Наработка, час
	Агрегат	Точка Направление	Частота вращения	f_p	2^*f_p				
1	Агрегат 1	3 Рад	750	1,23	3,23	Предельное	3,4562		2784
2		4 Рад	-	2,48	2,6	Норма	3,5931		3120
3	Агрегат 2	2 Рад	1500	1,58	4,12	Предельное	4,4125		6821
4		3 Рад	-	2,47	1,97	Норма	3,1593		3792
5		4 Рад	-	1,15	2,45	Норма	2,7064		1776
6	Агрегат 4	2 Рад	1000	4,51	1,39	Предельное	4,7193		6918
7		3 Рад	-	3,47	15,87	Авария	16,2449	+	7312
8		4 Рад	-	1,15	2,41	Норма	2,6703		2112
9	Агрегат 6	2 Рад	750	4,12	2,14	Предельное	4,6426		7215
10		3 Рад	-	2,58	4,01	Предельное	4,7682		7050
11		4 Рад	-	2,17	3,78	Предельное	4,3585		6700
12	Агрегат 9	3 Рад	1000	3,23	2,12	Предельное	3,8635		5472
13		4 Рад	-	3,15	5,35	Авария	6,2084		7488
14	Агрегат 12	1 Рад	1000	2,18	3,11	Предельное	3,7979		5808
15		2 Рад	-	1,97	2,54	Норма	3,2144		3890
16		3 Рад	-	1,54	2,04	Норма	2,5561		1440
17		4 Рад	-	2,01	1,87	Норма	2,7453		2448
18	Агрегат 13	1 Рад	1000	2,01	2,59	Норма	3,2784		4258
19		2 Рад	-	3,18	1,1	Предельное	3,3648		5010
20		3 Рад	-	4,21	5,87	Авария	7,2236		7152

ципа «оптимальной» скаляризации, предложенного и развитого в трудах Герцбаха и ряда других авторов [6, 13...16].

Расчет параметров среднесрочного прогнозирования с использованием ЕДК для расцентровки.

В таблице 1 без претензий на полноту освещения приведены результаты измерений по 20 измерительным точкам агрегатов энерго-механического оборудования карьерных экскаваторов типа ЭКГ и ЭШ. Также добавлены результаты расчетов ЕДК для данного оборудования и результаты оценки достоверности полученных данных в соответствии с разработанной Методикой создания адаптивной математической деградационной модели [1].

Как следует из анализа проведенных расчетов и графика (см. таблицу 1 и рисунок 2), на заданном интервале диагностирования ($T=60$ календарных дней) уровень АВАРИЯ не будет достигнут. Уровень $ЕДК_{\text{АВАРИЯ—РАСЦЕНТРОВКА}}=6,71$,

доверительные границы прогноза уровня АВАРИЯ - пессимистическая 5,28 и оптимистическая 8,15, при прогнозе на 60 суток в момент наработки 8 928 часов $ЕДК=6,32$. Расчетная величина достоверности аппроксимации $R^2=0.802$. Вместе с тем, превышен уровень пессимистического прогноза аварийности ($6,32 > 5,28$). Рекомендовано сократить период диагностического обследования в 2 раза.

Расчет параметров краткосрочного прогнозирования с использованием ЕДК для расцентровки валов агрегатов. В соответствии с рекомендациями для данного типа оборудования с учетом специфики его эксплуатации принимаем $S_{t-1}=3,86$ и $\alpha=0,3$ (α – параметр экспоненциального сглаживания, S_{t-1} – текущий результат измерений [1]). Принимаем в расчете краткосрочного прогнозирования (интервал прогнозирования $T=30$ календарных дней) адаптивную модель вида $S_t = \alpha K_t + \beta S_{t-1}$. Тогда краткосрочный прогноз в соответствии с принятой моделью в момент

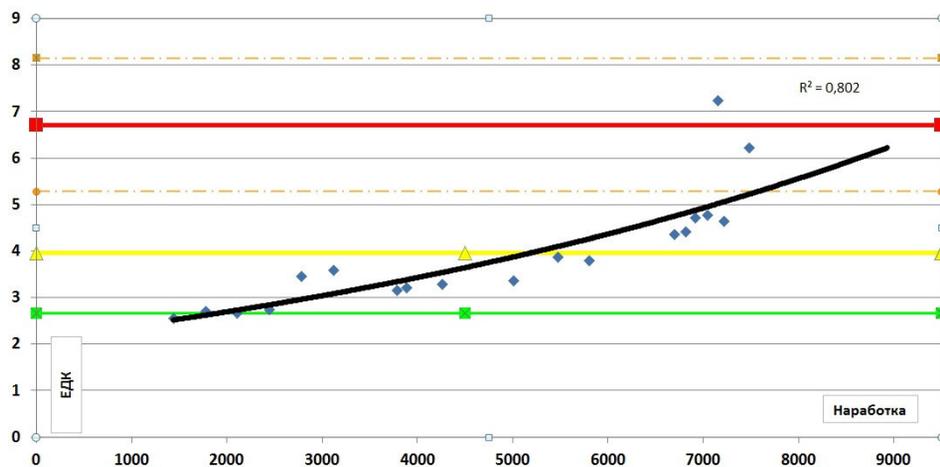


Рисунок 2. Обобщение результатов расчета ЕДК для расцентровки валов энерго-механического оборудования карьерных экскаваторов и построение среднесрочного прогноза в зависимости от наработки
 Figure 2. Generalization of the results of the calculation of the EDC for the alignment of shafts of power-mechanical equipment of quarry excavators and the construction of a medium-term forecast depending on the operating time

наработки $t=5\ 808$ час (комплексный критерий равен 3,80, см. таблицу 1) на один период диагностирования равен $S_t=0,3*3,80+0,7*3,86= 3,84 < 6,71$ следовательно, на рассматриваемом диагностическом интервале по критерию расцентровки валов уровень АВАРИЯ достигнут не будет. Рекомендуется продолжить эксплуатацию агрегата с соблюдением режимных параметров.

В настоящий момент авторами данной работы подготовлена заявка на получение свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и базы данных (см. пример листинга на рисунке 3), а также оформляются документы на патентование предложенного спо-

соба неразрушающего контроля с применением разработанных единых диагностических критериев.

Результаты апробации прогнозной модели получены на диагностических данных, содержащих информацию по параметрам вибрации энерго-механического оборудования более чем двадцати пяти электрических карьерных экскаваторов, они подтвердили эффективность предложенной методологии прогнозирования с использованием принципа адаптивного моделирования величин единых диагностических критериев. Корректность работы программного обеспечения, созданного для прогнозирования

Таблица БД: SD_ECG

	station	unit	point	ve_szk	fp	2fp	3fp	4fp	5fp	operating_time
1	ЭКГ 5А № 10182	сетевой двигатель	1В	1,57	0,24	0,38	0,75	0,4	0,32	9500
2	ЭКГ 5А № 10182	сетевой двигатель	1Г	4,28	3,55	1,76	0,42	1,03	0,29	9500
3	ЭКГ 5А № 10182	сетевой двигатель	1О	2,93	0,73	1,65	1,15	1,52	0,55	9500
4	ЭКГ 5А № 10182	сетевой двигатель	2В	1,76	0,53	0,32	1,01	0,24	0,15	9500
5	ЭКГ 5А № 10182	сетевой двигатель	2Г	3,41	2,16	1,77	1,51	0,6	0,31	9500
6	ЭКГ 5А № 10182	сетевой двигатель	2О	2,64	0,69	1,38	1,25	1,17	0,66	9500
7	ЭКГ 5А № 10502	сетевой двигатель	1В	1,43	0,53	0,84	0,57	0,11	0,4	10220
8	ЭКГ 5А № 10502	сетевой двигатель	1Г	3,13	1,47	2,23	0,95	0,25	0,09	10220
9	ЭКГ 5А № 10502	сетевой двигатель	1О	2,12	0,68	1,7	0,4	0,25	0,18	10220
10	ЭКГ 5А № 10502	сетевой двигатель	2В	1,13	0,25	0,64	0,53	0,07	0,41	10220
11	ЭКГ 5А № 10502	сетевой двигатель	2Г	4,66	2,03	3,49	1,7	0,32	0,19	10220
12	ЭКГ 5А № 10482	сетевой двигатель	1В	1,14	0,34	0,58	0,41	0,16	0,09	10940
13	ЭКГ 5А № 10482	сетевой двигатель	1Г	1,93	1,36	0,74	0,54	0,48	0,25	10940
14	ЭКГ 5А № 10482	сетевой двигатель	1О	1,54	0,61	0,48	0,27	0,32	0,27	10940

Рисунок 3. Скриншот фрагмента базы данных, содержащей информацию по единым диагностическим критериям для диагностики всех базовых групп дефектов энерго-механического оборудования горных машин
 Figure 3. Screenshot of a fragment of a database containing information on a single diagnostic criterion for the diagnosis of all basic groups of defects in energy-mechanical equipment of mining machines

технического состояния объектов контроля, подтверждается результатами визуально-измерительного контроля, полученными в ходе текущих ремонтов карьерных экскаваторов.

Выводы. Результаты краткосрочного прогнозирования доказали принципиальную эффективность использования новых единых диагностических критериев в качестве параметров адаптивной деградационной математической модели. Данные анализа и полученный на их основе прогноз полностью подтверждаются результатами контроля, полученными при проведении годового ремонта экскаватора. Правильность сделанных выводов и рекомендаций о проведении виброналадки преобразовательного агрегата подтверждают корректность предложенного для разработки ЕДК набора диагностических признаков, а также в целом всей методологии создания единых критериев, основанной на принципе «оптимальной» скаляризации с учетом использования перехода от используемых многомерных векторов различных диагностических данных в скалярные величины единых критериев, основы которой заложены в трудах отечественных и зарубежных авторов [3, 6, 13].

Заключение. Полученные научные результаты свидетельствуют о том, что новые единые диагностические критерии, разработанные на основе результатов комплексного анализа параметров вибрации, могут быть использованы для оценки фактического состояния динамически работающего оборудования горных машин, а также применяться для решения задач, связанных с построением кратко- и среднесрочных прогнозов процессов деградации технического состояния эксплуатируемой горной техники.

Кроме того, использование данных критериев при осуществлении краткосрочного моде-

лирования процессов деградации фактического состояния горных машин позволит внедрить на угольных предприятиях Кузбасса некоторые элементы системы обслуживания техники по её фактическому состоянию, что откроет дополнительные возможности для осуществления качественного перехода от действующих сегодня схем проведения плановых ремонтов и повышения уровня безопасности при проведении открытых горных работ.

Дальнейшее совершенствование разработанного программного обеспечения откроет инновационные возможности для внедрения на угольных предприятиях Кузбасса элементов системы обслуживания горной техники на основе анализа её фактического состояния, что позволит провести оптимизацию логистики и складского хозяйства эксплуатирующих предприятий, снизить количество аварий, а также уменьшить итоговую себестоимость добычи полезных ископаемых.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2021-0002 «Разработка эффективных технологий добычи угля роботизированными горнодобывающими комплексами без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ, систем управления и методов оценки технического состояния и диагностики их ресурса и обоснование обеспечения воспроизводства минерально-сырьевой базы» (рег. № АААА-А21-121012290021-1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогнозирование ресурса горного оборудования с использованием единого диагностического критерия его технического состояния /Б.Л. Герике, П.Б. Герике //Техника и технология горного дела, № 3. –Кемерово. – 2022. – С. 4-22.
2. Shardakov I., Shestakov A., Tsvetkov R., Yepin V. Crack diagnostics in a large-scale reinforced concrete structure based on the analysis of vibration processes. AIP Conference Proceedings 2053, 040090 (2018). <https://doi.org/10.1063/1.5084528>
3. Гольдин А. С. Вибрация роторных машин. – М.: Машиностроение, 1999. – 344 с.
4. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 томах под редакцией чл.-корр. РАН В.В. Клюева, т.7 – Москва, 2005. – 828 с.
5. Лукьянов А.В. Классификатор вибродиагностических признаков дефектов роторных машин. / Иркутск: Издательство ИргТУ, 1999. – 230 с.
6. Герцбах И. Теория надежности с приложениями к профилактическому обслуживанию: Монография / Под ред. В.В. Рыкова; пер. с англ. М.Г. Сухарева. М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 263 с.
7. V. Pozhidaeva. Determining the roughness of contact surfaces of the rolling bearings by the method of shock pulses. World Tribology Congress III, September 12-16, 2005, Washington, D.C., USA
8. Tse P., Peng Y., Yam R. Wavelet Analysis and Envelope Detection For Rolling Element Bearing Fault Diagnosis—Their

- Effectiveness and Flexibilities. *Journal of Vibration and Acoustics*. 2001. Vol. 123. Pp 303-310. DOI: 10.1115/1.1379745.
9. Краковский, Ю. М. Математические и программные средства оценки технического состояния оборудования. / Новосибирск: Наука, 2006. – 227 с.
 10. Барков А.В. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации. Учебное пособие. / Барков А.В., Баркова Н.А. / Издательство СПбГМТУ. Санкт Петербург, 2004. — 156 с.
 11. P B Gerike and P V Eshcherkin 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 823 (2021) 012014. Developing the methodology on creating unified criterion for diagnosing the mining machinery equipment defects. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/823/1/012014
 12. Исследование процессов формирования и распространения виброакустических волн для создания единых диагностических критериев оценки технического состояния горных машин. НИР: грант №20-48-420010. РФФИ. 2020
 13. Bently D.E., Hatch C.T. "Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics", Bently Pressurized Press, 2002, P.726.
 14. F. Balducchi, M. Arghir, S. Gaudillere. Experimental analysis of the unbalance response of rigid rotors supported on aerodynamic foil bearings. Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition GT2014. June 16 – 20, 2014, Düsseldorf, Germany.
 15. Skeinik R., Petersen D. Automated fault detection via selective frequency band alarming in PC-based predictive maintenance systems. CSI, Knaxville, TN 37923, USA.
 16. Герики П.Б. Высоочастотные грохота как объект диагностики по параметрам механических колебаний. Вестник Кузбасского государственного технического университета, №1. – Кемерово. – 2017 – С. 59-67.

REFERENCES

1. Forecasting the resource of mining equipment using a single diagnostic criterion of its technical condition / B.L. Gericke, P.B. Gericke //Mining Engineering and Technology, No. 3. –Kemerovo. – 2022. – pp. 4-22
2. Shardakov I., Shestakov A., Tsvetkov R., Yepin V. Crack diagnostics in a large-scale reinforced concrete structure based on the analysis of vibration processes. AIP Conference Proceedings 2053, 040090 (2018). <https://doi.org/10.1063/1.5084528>
3. Goldin A. S. Vibration of rotary machines. – M.: Mashinostroenie, 1999. – 344 p.
4. Non-destructive testing. Handbook in 7 volumes edited by chl.-correspondent. RAS V.V. Klyueva, vol.7 – Moscow, 2005. – 828 p.
5. Lukyanov A.V. Classifier of vibration diagnostic signs of defects of rotary machines. / Irkutsk: Publishing House of IrSTU, 1999. – 230 p.
6. Herzbach I. Theory of reliability with applications to preventive maintenance: Monograph / Edited by V.V. Rykov; translated from the English by M.G. Sukharev. M.: GUP Publishing House "Oil and Gas" Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2003. – 263 p.
7. V. Pozhidaeva. Determining the roughness of contact surfaces of the rolling bearings by the method of shock pulses. World Tribology Congress III, September 12-16, 2005, Washington, D.C., USA
8. Tse P., Peng Y., Yam R. Wavelet Analysis and Envelope Detection For Rolling Element Bearing Fault Diagnosis—Their Effectiveness and Flexibilities. *Journal of Vibration and Acoustics*. 2001. Vol. 123. Pp 303-310. DOI: 10.1115/1.1379745.
9. Krakovsky, Yu. M. Mathematical and software tools for assessing the technical condition of equipment. / Novosibirsk: Nauka, 2006. – 227 p.
10. Barkov A.V. Vibration diagnostics of machines and equipment. Vibration analysis. Study guide. / Barkov A.V., Barkova N.A. / SPbGMTU Publishing House. St. Petersburg, 2004. — 156 p.
11. P B Gerike and P V Eshcherkin 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 823 (2021) 012014. Developing the methodology on creating unified criterion for diagnosing the mining machinery equipment defects. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/823/1/012014
12. Investigation of the processes of formation and propagation of vibroacoustic waves to create unified diagnostic criteria for assessing the technical condition of mining machines. Research and development: Grant No. 20-48-420010. RFBR. 2020
13. Bently D.E., Hatch C.T. "Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics", Bently Pressurized Press, 2002, P.726.
14. F. Balducchi, M. Arghir, S. Gaudillere. Experimental analysis of the unbalance response of rigid rotors supported on aerodynamic foil bearings. Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition GT2014. June 16 – 20, 2014, Düsseldorf, Germany
15. Skeinik R., Petersen D. Automated fault detection via selective frequency band alarming in PC-based predictive maintenance systems. CSI, Knaxville, TN 37923, USA.
16. Gericke P.B. High-frequency screens as an object of diagnostics according to the parameters of mechanical vibrations. Bulletin of the Kuzbass State Technical University, No. 1. – Kemerovo. – 2017 – pp. 59-67.



■ Ю. А. Масаев// Yu.A. Masaev

канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, Почетный член Академии горных наук
Candidate of technical sciences, professor FGBOU VO KuzGTU named after T.F.Gorbachev Honorary Member of the Academy of Mining Sciences. Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation.



■ В. Ю. Масаев//V.Yu. Masaev
masaev-62@mail.ru

канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО КузГТУ ФГБОУ ВО Кузбасская ГСХА
candidate of technical sciences, assistant professor FGBOU VO KuzGTU named after T.F. Gorbachev, Kemerovo State Agricultural Academy

УДК 622.281; 622.274

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КОМБИНИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ANALYSIS OF MINING WORKING COMBINED SUPPORT EXISTING CALCULATION METHODS

Горная крепь должна удовлетворять основным требованиям обеспечения безопасных условий эксплуатации подземных сооружений при добыче полезных ископаемых как в угольных, так и в рудных шахтах. Для обеспечения надежности и устойчивости крепи с учетом напряженно-деформированного состояния породного массива необходим и точный расчет применяемых видов крепей. В статье рассмотрены методы расчета крепей, применяемых различными авторами, в каждом из которых имеются различия в учете видов нагрузок и характера воздействия окружающего массива на крепь различных конструкций и в различных условиях их эксплуатации. Особое внимание уделено методикам расчета анкер-металлических крепей, которые находят широкое применение как в угольных, так и в рудных шахтах. В настоящее время принято выделять три основных этапа в развитии теории расчета крепи. Для первого этапа характерно предположение том, что крепь не оказывает влияния на величину и характер распределения действующих на нее нагрузок и загружена заданной нагрузкой, определяемой на основе гипотез. Второй этап отличается разделением действующих на крепь нагрузок на активные и пассивные. Активные нагрузки определяются гипотезами горного давления, пассивные – отпором пород при упругих деформациях крепи. Третий этап развития теории расчета крепи имеет два основных направления: расчет крепи, являющийся составной частью исследования ее взаимодействия с массивом пород, и расчет крепи по фактическим нагрузкам. Главное отличие от методик расчета крепи, отнесенных ко второму этапу, заключается в том, что нагрузки на крепь не делятся на активные и пассивные.

The mine support must meet the basic requirements for ensuring safe operating conditions for underground structures during the extraction of minerals, both in coal and ore mines. To ensure the reliability and stability of the support, taking into account the stress-strain state of the rock mass, an accurate calculation of the types of support used is also necessary. The article discusses methods for calculating supports used by various authors, each of which has differences in taking into account the types of loads and the nature of the impact of the surrounding massif on the support of various structures and in various conditions of their operation. Particular attention is paid to methods for calculating anchor-metal supports, which are widely used both in coal and ore mines. At present, it is customary to distinguish three main stages in the development of support calculation theory. The first stage is characterized by the assumption that the support does not affect the magnitude and nature of the distribution of loads acting on it and is loaded with a given load determined on the basis of hypotheses. The second stage is distinguished by the separation of the loads acting on the support into active and passive ones. Active loads are determined by the hypotheses of rock pressure, passive loads are determined by the repulse of rocks during elastic deformations of the support. The third stage in the development of the support calculation theory has two main directions: the calculation of the support which is an integral part of the study of its interaction with the rock mass, and the calculation of the support according to actual loads. The main difference from the methods for calculating the support, referred to the second stage, is that the loads on the support are not divided into active and passive ones.

Ключевые слова: ГОРНАЯ КРЕПЬ, ПОРОДНЫЕ ОБНАЖЕНИЯ, ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ, АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, РАСЧЕТ КРЕПИ.

Key words: MINE SUPPORT, ROCK OUTCROPS, THEORY OF ELASTICITY, ANALYTICAL SOLUTIONS, SUPPORT CALCULATION.

В процессе строительства и эксплуатации шахт, рудников, тоннелей и других подземных сооружений, самым сложным и трудоемким процессом, требующим больших затрат времени и труда, является крепление горных выработок, обеспечивающих сохранность подземного сооружения.

По своему назначению крепь подземных сооружений должна выполнять следующие задачи:

- предохранять сооружаемые горные выработки от разрушения обнаженных поверхностей горных пород;
- обеспечивать сохранность формы и размеров поперечного сечения горных выработок на весь срок их эксплуатации;
- воспринимать внешние и внутренние нагрузки и их перераспределение со стороны окружающего массива горных пород.

В процессе эксплуатации горная крепь воспринимает различные нагрузки, обусловленные смещением породного массива, которые с течением времени изменяются по величине и направлению в зависимости от напряженного состояния породного массива, прочностных свойств и степени метаморфизма окружающих горных пород. Все эти нагрузки проявляются по различному в зависимости от применяемых видов и материалов крепи, формы и размеров поперечного сечения горных выработок, применяемой технологии горнопроходческих работ, режима работы крепи и др. На протяжении многих лет разрабатывались и применялись различные виды и конструкции крепей для горных выработок различного назначения и были выработаны основные требования, конструкции которых должны удовлетворять следующим условиям:

- крепь должна иметь конструктивную податливость;
- крепь должна иметь криволинейное очертание, обеспечивающее высокое сопротивление за счет уменьшения изгибающих моментов и растягивающих напряжений;
- крепь должна иметь минимальное число типоразмеров и содержать конструктивную взаимозаменяемость узлов и деталей.

В настоящее время широкое применение находит металлическая арочная крепь из

спецпрофиля и ее применяют в различных горнотехнических условиях для крепления горных выработок различного назначения. Такая крепь обеспечивает податливый режим работы и возможность повторного использования.

Одним из эффективных средств решения проблемы рационального крепления и поддержания горных выработок является комбинирование грузонесущих крепей с крепями, позволяющими использовать несущую способность породного массива путем создания единой системы «крепь-массив». Одной из таких эффективных конструкций является комбинированная анкер-металлическая крепь (АМК) конструкции КузНИИшахтоостроя. Но недостаточный учет степени совместного взаимодействия анкеров и металлической крепи, а также суммарное воздействие их на напряженно-деформированное состояние породного массива привело к необходимости анализа и корректировки расчета крепи горных выработок.

В настоящее время принято выделять три основных этапа в развитии теории расчета крепи. Для первого этапа характерно предположение том, что крепь не оказывает влияния на величину и характер распределения действующих на нее нагрузок и загружена заданной нагрузкой, определяемой на основе гипотез. В качестве расчетных существовали различные методики, недостатком которых является слабый учет несущей способности пород и, как следствие, неоправданно большой запас прочности конструкций.

Второй этап отличается разделением действующих на крепь нагрузок на активные и пассивные. Активные нагрузки определяются гипотезами горного давления, пассивные – отпором пород при упругих деформациях крепи. Началом второго этапа теории расчета крепи является, по сути, идея расчета крепи как упругой системы в упругой среде, получившая развитие в некоторых ранних работах.

Эти методы, в основном применяются для расчета монолитных крепей капитальных горных выработок.

В настоящее время разработаны расчетные схемы для всех основных типов крепи при нагружении ее различными видами нагрузок.

Принцип подобных расчетов состоит в следующем: конструкция считается многократно статически неопределимой стержневой системой, взаимодействующей с окружающим массивом, моделируемым линейно-деформируемой упругой средой.

Вызываемые внешней нагрузкой деформации среды учитываются в виде «пассивного» отпора, зависящего от жесткостных характеристик крепи и массива. А упругий массив моделируется основанием Винклера (теорией местных деформаций). Из условия совместности деформаций крепи и пород находят упругий отпор пород, после чего определяют внутренние усилия в крепи от воздействия активной и реактивной нагрузок. Основными недостатками такого подхода являются: отсутствие точных методов оценки величины горного давления и, как следствие, приближенность величины первичной нагрузки, а также условность гипотез при определении отпора боковых пород.

Третий этап развития теории расчета крепи имеет два основных направления: расчет крепи, являющийся составной частью исследования ее взаимодействия с массивом пород, и расчет крепи по фактическим нагрузкам. Главное отличие от методик расчета крепи, отнесенных ко второму этапу, заключается в том, что нагрузки на крепь не делятся на активные и пассивные.

Третий этап развития теории расчета крепи имеет следующие особенности:

1) за расчетные принимаются суммарные неравномерные нагрузки, возникающие при взаимодействии крепи и пород.

2) при расчете конструкции учитываются как нормальные, так и касательные к внешней поверхности крепи нагрузки.

3) нагрузки определяются путем аналитических исследований взаимодействия крепи и массива пород или на основании анализа эпюр, полученных при натурных исследованиях и опытах на моделях.

В основе расчета первого направления лежит решение плоской контактной задачи теории упругости о взаимодействии крепи и массива пород. Крепь и массив рассматриваются как единая совместно деформируемая система. В процессе расчета определяется нагрузка на крепь – контактные напряжения по внешнему ее контуру, распределение и величина которых зависят от взаимных деформаций конструкции крепи и массива, определяют напряжения и внутренние усилия в сечениях крепи. Такой подход основан на моделировании массива однородной

изотропной упругой средой и замкнутости конструкции крепи в условиях полной совместности перемещений точек кольца и среды по линии контакта.

Это направление базируется на применении методов механики сплошной среды и представлено трудами Б. З. Амузина, И. В. Баклашова, Н. С. Булычева и других, которые выделяют исследования шести основных механических моделей взаимодействия массива пород с крепью выработки: упругой, жесткопластической, упругопластической, неоднородной упругопластической, вязкоупругой и вязкопластической.

Расчет крепи совместно с массивом пород наиболее эффективен при анализе напряженно-деформированного состояния крепи выработок, работающих в режиме взаимовлияющей деформации. Однако, область применения имеющихся в настоящее время аналитических решений плоских задач (исключая одномерные) для линейно-деформируемой среды (задач теории упругости) относительно невелики. В большинстве случаев получение замкнутых аналитических решений представляет весьма сложную задачу.

Второе направление третьего этапа развития теории расчета крепи основано на натурных исследованиях нагрузок на крепь горных выработок. Одним из главных результатов, проводимых в этом направлении исследований, является вывод о большой неравномерности распределения нагрузок по контуру выработки и случайном характере очертания эпюры нормальных нагрузок.

Как известно, по конструктивным особенностям все комбинированные крепи представляют собой в общем случае многослойную конструкцию. В связи с этим целесообразно проанализировать существующие методы расчета многослойной крепи. Достаточно полный обзор существующих методов расчета многослойной крепи для выработок круглого поперечного сечения приведен в работах Н. С. Булычева и других.

Среди существующих методов расчета многослойной конструкции выделяется метод с использованием коэффициентов передачи нагрузок, отличительной особенностью которого является то, что он не требует составления и решения уравнений совместности перемещений на контактах слоев, а использует коэффициенты передачи нагрузок, выражаемые рекуррентными формулами. Метод коэффициентов передачи нагрузок применяется как общий метод расчета монолитной и сборно-монолитной крепи выработок круглого сечения. Этот метод расчета распространяется на многослойные конструкции

крепи, включая ребристые тубинги, железобетонные конструкции с жесткой или гибкой арматурой, он распространяется на различные виды воздействия: горное давление (собственный вес пород), тектонические напряжения, внешнее гидростатическое давление, сейсмические воздействия землетрясений.

Проведенные в МГИ исследования многослойной комбинированной крепи позволили разработать метод определения напряженно-деформированного состояния многослойной крепи, воспринимающую наиболее благоприятную суммарную активную и реактивную радиальные нагрузки. Метод является общим как в отношении конструктивного решения крепи (число несущих слоев крепи и величина их жесткости могут быть различными), так и материалов, применяемых для изготовления крепи (возможны различные комбинации бетона, железобетона, чугуна и стали).

Необходимо отметить, что вышеизложенные методы расчета многослойных подземных конструкций крепи, нагруженных неравномерными нормальными и касательными нагрузками, являются расчетами жестких кольцевых конструкций замкнутой формы. Все эти методы были основаны на решении системы уравнений, выражающих условия на контактах слоев.

Методика расчета замкнутой монолитной крепи выработок произвольного поперечного сечения (с одной осью симметрии) на основе взаимодействия подземной конструкции с окружающим массивом пород и рассмотрения совместной работы крепи и массива как единой деформируемой системы была предложена Е. С. Булычевым и Е.Н. Фотиевой. Методика включает расчет крепи на действие собственного веса пород, начальных тектонических напряжений в массиве, давления подземных вод и на сейсмические воздействия землетрясений, и основана на аналитических решениях ряда плоских контактных задач теории упругости для некругового кольца, подкрепляющего отверстие в линейно деформируемой однородной изотропной среде из другого материала.

Как показано выше, для расчета многослойных и комбинированных крепей, имеющих некруговое очертание и разомкнутый контур, учитывая необходимость оценки напряженно-деформированного состояния крепи и массива пород, определения и оптимизации конструктивных параметров крепей в различных условиях, весьма эффективно применение универсальных численных методов и созданных на их ос-

нове расчетных моделей крепи, реализующих возможности современных ЭВМ.

Расчетная модель ЛГИ-ВНИМИ состоит из симметричной плоской расчетной схемы, где криволинейное очертание крепи заменяется вписанной ломаной линией, и дискретной модели расчета, описывающей напряженно-деформированное состояние крепи уравнениями метода начальных параметров. Однако модель не учитывает такие особенности металлической крепи горных выработок, как возможность появления пластических деформаций и наличие узлов податливости.

В основу расчетной модели Южгипрошхата была положена расчетная схема Метрогипротранса, в которой статическая неопределимость раскрыта методом перемещений. Эта модель дает возможность рассчитать крепь только при определенных схемах нагружения и не учитывает деформированное состояние крепи при больших перемещениях, реактивные силы трения, касательный упругий отпор породы, эксцентриситет приложения касательных нагрузок. Указанные недостатки значительно сужают область применения данной методики.

К третьему направлению относится обобщенная расчетная модель ТПИ созданная на основе метода конечных элементов и метода начальных параметров. Расчетная схема крепи представляет собой произвольную плоско-пространственную систему, состоящую из произвольного числа тонкостенных круговых конечных элементов различной кривизны и жесткости, произвольно соединенных между собой и произвольно нагруженных. Такая расчетная схема позволяет представить любую крепь как конструктивно дискретную систему, составленную из укрупненных круговых и прямолинейных конечных элементов. В качестве неизвестных модель имеет начальные параметры – силовые факторы и перемещения в начале каждого из элементов крепи, параметры отпора, компоненты реакций пород; скачки кинематических факторов на сопряжениях элементов крепи. Программа для ЭВМ, разработанная на основе расчетной модели ТПИ, позволяет исследовать несущую способность крепей по предельным состояниям в линейной и нелинейной постановке. К достоинствам методики ТПИ относятся:

- общий подход к решению любых задач расчета крепи;

- предварительный анализ напряженно-деформированного состояния элементов крепи с учетом большого количества влияющих на не-

сущую способность крепи параметров, упрощающий порядок расчета.

К недостаткам методики относятся ограничение по направлениям и точкам приложения усилий взаимодействия.

Особого внимания заслуживает методика, разработанная В. Л. Поповым, в основе которой лежит метод начальных параметров, обеспечивающий однотипность аналитических решений, в которой учитываются дополнительные связи между элементами. При этом соединение элементов между собой моделируется жесткими или упругими связями произвольным образом, в результате чего резко расширяется область применения данной методики.

Основные особенности математической модели и, разработанной на ее основе программы, определяющие их возможности и область применения, сводятся к следующему: охват практически всего многообразия конструкций подземных сооружений, как однослойных, так и многослойных, как сплошных, так и составленных из отдельных элементов, связанных между собой произвольным образом; расчет конструкций с переменной (т. е. изменяющейся вдоль оси элемента конструкции) жесткостью; расчет произвольной конструкции на произвольные активные нагрузки с учетом нормального отпора пород, сил трения на контакте «крепь-порода» и эксцентриситетов касательных нагрузок; расчет крепи исходя из ее взаимодействия со слоистым, разбитым трещинами породным массивом без предварительного задания активных нагрузок; возможность расчета несимметричных конструкций при несимметричных нагрузках; учет геометрической нелинейности, обусловленной изменением очертания расчетного контура под действием нагрузки; учет физической нелинейности материала элементов и межэлементных связей; учет физической нелинейности реактивного отпора пород; возможность определения в слоистом, разбитом трещинами массиве, внутренних сил и перемещений; автоматизация вычислений геометрических характеристик и жесткости сечений; возможность расчета строительных конструкций наземных зданий и сооружений, составленных из стержней и изгибаемых элементов (арок, ферм, рам); отсутствие программных ограничений по числу параметров расчетной схемы (число параметров ограничивается только техническими возможностями ЭВМ).

Кроме вышеприведенных особенностей данной методики, отличительное достоинство

применения межэлементных связей заключается в том, что без предварительного задания нагрузки можно производить расчеты подземных сооружений, если при построении расчетной схемы рассматривается не весь массив, а некоторая его область, внешние границы которой выбраны таким образом, что исследуемые механические процессы в этих границах практически затухают, а горные породы находятся в условиях начального напряженного состояния.

Приведенный краткий обзор существующих методов расчета многослойных крепей показал, что наиболее перспективным является применение численных методов расчета с реализацией их на ЭВМ.

Как было отмечено в предыдущем параграфе, весьма эффективными при креплении выработок являются комбинации грузонесущей крепи с крепями, использующими несущую способность массива горных пород. Такой комбинацией, в частности, являются различные сочетания анкерной крепи с металлической арочной крепью. В настоящее время существует большое количество исследований в теории расчета как металлической, так и анкерной крепи. Однако практически отсутствуют расчетные методы, определяющие степень совместного взаимодействия анкеров и металлической крепи, а также суммарное воздействие их на напряженно-деформированное состояние массива пород.

Если решение задач расчета металлических крепей различной конструкции и формы не вызывает затруднений, то в области теории расчета анкерной крепи существует несколько подходов. В различных модификациях существуют три гипотезы, характеризующие работу анкерной крепи.

Гипотеза подвешивания пород (наиболее простой случай) предполагает, что в трещиноватом массиве отслоившиеся нарушенные породы подвешиваются на анкерах к ненарушенному массиву. Расчет крепи производится на действие собственного веса подвешенных пород.

Согласно гипотезе армирования пород, анкера пронизывают и связывают блоки и слои пород, в результате чего образуется грузонесущая конструкция, расчет которой производится методами строительной механики или механики деформируемого твердого тела на заданные нагрузки. Однако при таком подходе анкера выпадают из рассмотрения, так как определить усилия закрепления в анкерах (за исключением усилий предварительного натяжения) не представляется возможным.

Наибольший интерес представляет третья гипотеза – гипотеза влияния на напряженно-деформированное состояние. В результате натяжения анкеров возникают усилия, создающие добавочное поле напряжений в массиве вокруг выработки, препятствующее перемещениям пород внутрь выработки. Основанный на этой гипотезе расчет анкерной крепи учитывает только силы предварительного натяжения анкеров и отсутствует учет сил, возникающих в процессе взаимодействия крепи с породным массивом. Рассмотрение сил взаимодействия анкеров с породным массивом дает возможность учесть такие факторы, как время и место установки анкеров, механические характеристики замка, ползучесть пород и пр.

Одним из наиболее оптимальных является подход к расчету анкерной крепи на основе решения контактной задачи взаимодействия системы анкеров и окружающего выработку массива.

Задача взаимодействия анкеров, закрепленных по концам (замкового типа) с породным массивом решена в следующей постановке:

– массив пород рассматривается как весомая линейно-деформируемая среда с цилиндрическим вырезом, имеющим форму поперечного сечения выработки;

– анкер испытывает продольные деформации, а воздействие анкера на массив заменяется двумя уравновешенными сосредоточенными силами – равнодействующими усилий, распределяемых по поверхности шпура в замковой части и поверхности опорной шайбы (Рис. 1);

– выполняется условие совместности перемещений концов анкера и соответствующих

точек массива пород.

Не останавливаясь подробно на анализе задачи, рассмотрим лишь подход авторов к ее решению.

В одном сечении задана системы из N анкеров, известны их длины L ; межанкерное расстояние A в сечении и расстояние между сечениями DI . Выражение для усилия Q_i в i -ом анкере данного сечения через смещение концов анкера относительно друг друга Δ_i имеет вид:

$$Q_i = C (\Delta_i^n + \Delta_i), \quad (1)$$

где C – продольная жесткость анкера, определяемая из формулы:

$$C = \frac{E_a F_a}{L} \quad (2)$$

где E_a – модуль упругости материала стержня анкера; F_a – площадь его поперечного сечения; Δ_i^n – смещение концов анкера вследствие его предварительного натяжения.

Образовавшееся после подвигания забоя поле деформаций в массиве можно представить:

$$E = E^n - E^a, \quad (3)$$

где E^n – деформации массива с неподкрепленной выработкой; E^a – деформации массива от воздействия усилий, на концах анкеров.

Смещения точек массива, соответствующих концам i -го анкера:

$$\Delta_i = \Delta_i^n - \Delta_i^a, \quad (4)$$

где Δ_i^n – смещения при неподкрепленной выработке; Δ_i^a – смещения под действием сил, приложенных по концам анкера.

Сделав допущение о линейной деформируемости массива и записав систему уравнений относительно неизвестных смещений концов анкеров Δ_i , авторами получена замкнутая система из N уравнений относительно N неизвестных Δ_i , определив которые, используя соотношение (1) определяется усилие в замке и опорном элементе каждого анкера. Далее, воспользовавшись решением задачи Буссинеска и Мандлино получили основные параметры системы – жесткость анкера, коэффициенты влияния анкеров и смещения точек массива. Был проведен довольно полный анализ взаимодействия анкеров с массивом пород. Однако, данная методика предназначена для расчета анкерной крепи в «чистом»

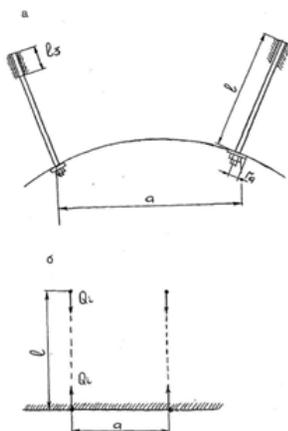


Рисунок 1. Конструкция анкерной крепи с точечным контактом (а) расчетная схема (б)
Figure 1. Construction of an anchor support with point contact (a) And a design scheme (b)

виде и при таком подходе не может быть использована в расчетах комбинированных систем типа «рама-анкер-массив» и «рама-межрамная

стяжка-анкер-массив».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масаев, Ю. А. Совершенствование конструкций анкерных крепей для сооружения горных выработок / Ю. А. Масаев, А. П. Политов, А. И. Копытов, В. Ю. Масаев // Вестник Кузбасского государственного технического университета, № 4, 2018. – С. 66–74.
2. Масаев, Ю. А. Новые разработки в области крепления и повышения устойчивости породных обнажений в горных выработках / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, Л. Д. Филина // Вестник Кузбасского государственного технического университета, № 1, 2015. – С. 41–45.
3. Смирнов, Ю. Г. Современные технические решения крепления горных выработок при строительстве подземного рудника на месторождении «Олений ручей» / Ю. Г. Смирнов, А. О. Орлов // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений. Труды V Международной конференции : – Екатеринбург, 2016. – С. 91–96.
4. Левищева, О. М. Расчет трехслойных обделок, создаваемых в ходе восстановительного ремонта коллекторных тоннелей методов «труба в трубе» / О. М. Левищева, О. В. Афанасова // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений. Труды V Международной конференции : – Екатеринбург, 2016. – С. 228–232.
5. Шикуть, К. К. Расчет железобетонной обделки тоннеля мелкого заложения с применением автоматизированных расчетных комплексов на примере ПК SOFISTIK. // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений. Труды V Международной конференции : – Екатеринбург, 2016. – С. 232–236.
6. Демин, В. Ф. Установление технологических параметров сталеполимерной анкерной крепи / В. Ф. Демин, Н. А. Немова, Т. В. Демина, А. Ю. Андриенко // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений. Труды V Международной конференции : – Екатеринбург, 2016. – С. 153–158.
7. Крамаджян, А. А. Анкеры с гибкой тягой и повышенной несущей способностью / А. А. Крамаджян Е. П. Русин, Г. Н. Хан // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений. Труды V Международной конференции: – Екатеринбург, 2016. – С. 141–150.

REFERENCES

1. Masaev, Yu.A., Politov, A.P., Kopytov, A.I., & Masaev, V.Yu. (2018). Improving the designs of anchor supports for the construction of mine workings Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Herald of Kuzbass State Technical University, 4, 66-74 [in Russian].
2. Masaev, Yu.A., Masaev, V.Yu., & Filina, L.D. (2015). New developments in the field of supporting and increasing the stability of rock outcrops in mine workings. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Herald of Kuzbass State Technical University, 1, 41-45 [in Russian].
3. Smirnov, Yu.G., & Orlov, A.O. (2016). Modern technical solutions for supporting mine workings during the construction of an underground ore mine at the Oleniy Ruchey deposit. Proceedings from: Design, construction and operation of complexes of underground structures: V Mezhdunarodnaia konferentsia (2016 god) – 5th International Conference (pp. 91-96). Yekaterinburg: [in Russian].
4. Levishcheva, O.M., & Afanasova, O.V. (2016). Calculation of threelayer linings created during the restoration repair of collector tunnels using the "pipe in pipe" methods. Proceedings from: Design, construction and operation of complexes of underground structures: V Mezhdunarodnaia konferentsia (2016 god) – 5th International Conference (pp. 228-232). Yekaterinburg: [in Russian].
5. Shikut', K.K. (2016). Calculation of reinforced concrete lining of a shallow tunnel using automated calculation systems on the example of PC SOFISTIK. Proceedings from: Design, construction and operation of complexes of underground structures: V Mezhdunarodnaia konferentsia (2016 god) – 5th International Conference (pp. 232-236). Yekaterinburg: [in Russian].
6. Demin, V.F., Nemova, N.A., Demina, T.V., & Andrienko, A. Yu. (2016). Establishment of technological parameters of steelpolymer anchor support. Proceedings from: Design, construction and operation of complexes of underground structures: V Mezhdunarodnaia konferentsia (2016 god) – 5th International Conference (pp. 153-158). Yekaterinburg: [in Russian].
7. Kramadgian, A.A., Rusin, Ye.P., & Khan, G.N. (2016). Anchors with flexible bar and increased bearing capacity. Proceedings from: Design, construction and operation of complexes of under-ground structures: V Mezhdunarodnaia konferentsia (2016 god) – 5th International Conference (pp. 141-150). Yekaterinburg: [in Russian].



С.Н. Подображин //
S.N. Podobrazhin
tghen13@mail.ru

доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник ЗАО НТЦ «Промышленная безопасность», Россия, 109147, г. Москва, ул. Таганская, д. 34а
 Doctor of technical scientific and technical center "Industrial Safety", Russia, 109147, Moscow, Taganskaja, 34a



В.С. Забурдяев//
V.S. Ziburdyayev
tghen13@mail.ru

доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН ИПКОН РАН
 Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher FGBUN IPKON RAS

УДК 622.411.33

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОИМПУЛЬСНЫХ УСТАНОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ БАЛЛИСТИТНОГО ТОПЛИВА И СКВАЖИННОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА

HYDRO-PULSED INSTALLATION PARAMETERS RESEARCH USING BALLISTITE FUEL AND DOWNHOLE GAS GENERATOR

Дегазация угольных пластов на больших глубинах может быть эффективной лишь с применением специальных методов увеличения проницаемости и газоотдачи угольного массива путем воздействия на них импульсов высоких энергий. В статье приведены результаты исследований параметров гидроимпульсных установок с применением баллиститного топлива и скважинного газогенератора, предназначенных для дегазации угольного массива. Воздействие на угольный пласт начинают с напорного нагнетания рабочей жидкости в скважину и пласт до давления 0,4...0,9 МПа. После заполнения жидкостью трещин и пор и оттеснения газа в угольный пласт подаётся команда на запуск гидроимпульсной установки (без снятия давления в рабочей жидкости). После срабатывания воспламенителя и зажигания заряда твёрдого топлива продукты сгорания по достижении определённого давления прорывают диафрагму на выходе из камеры и устремляются по стволу в скважину. Ударная волна, образовавшаяся после прорыва диафрагмы, распространяется по столбу жидкости, заполняющей ствол установки и скважину, и создаёт начальное раскрытие трещин в окрестности скважины (первая фаза импульсного воздействия). Далее газообразные продукты сгорания заряда в режиме квазистатического нагнетания с высоким темпом вытесняют жидкость из скважины в пласт, удлиняя раскрывшиеся трещины и обеспечивая равномерное их образование в обрабатываемой зоне (вторая фаза импульсного воздействия). Для достижения заданных параметров установки проведены исследования по обоснованию возможности применения в качестве энергоносителя заряда из баллиститного твёрдого топлива. Скорость нарастания давления в импульсе, величина и время воздействия импульса давления регулируются за счёт изменения газоприхода подбором массы и формы заряда, марки топлива. Для обоснования способа гидроимпульсного воздействия на угольный пласт разработана математическая модель работы установки. Расчёт внутрибаллистических характеристик проводился для различных конструкций многошашечных и одношашечных зарядов. Наиболее эффективной является конструкция многошашечного заряда, состоящая из семи одноканальных шашек всестороннего горения, так как обеспечивает достаточно развитую начальную поверхность горения и выполнение требований по темпу нарастания давления в камере сгорания и внедрению рабочей жидкости в угольный массив при наименьшей массе заряда. Это особенно важно с точки зрения безопасности горных работ. Способ газогидроимпульсного воздействия на массив угля через пластовую скважину заключается в том, что нейтральный газ (азот), являющийся основным продуктом химического превращения заряда твёрдого топлива, по осевому каналу газогенератора, размещенного в обсадной трубе водонаполненной скважины, воздействует на столб жидкости, с помощью которой в прискважинной зоне пласта образуются новые трещины и раскрываются имеющиеся. Конструкция газогидроимпульсной установки в процессе стендовых испытаний с имитацией пластовой скважины показала свою работоспособность в режимах, заданных техническим заданием. Давление в ударной волне достигало 64-94,7 МПа. Промежуточные значения давления (например, 50 или 60 МПа)

могут задаваться, исходя из требуемых параметров обработки угольного пласта и его физико-механических характеристик. Данные опытов показали эффективность результатов стендовых испытаний и последующую возможность их проведения в шахтных условиях.

Degassing of coal seams at big depths can be effective only with the use of special methods for increasing the permeability and gas recovery of the coal massif by exposing them to high-energy pulses. The article presents the results of research on the parameters of hydraulic impulse installations using ballistite fuel and a downhole gas generator designed for degassing a coal mass. The impact on the coal seam begins with pressure injection of the working fluid into the borehole and the seam to a pressure of 0.4...0.9 MPa. After filling the cracks and pores with liquid and pushing the gas into the coal seam, a command is given to start the hydraulic impulse unit (without relieving pressure in the working fluid). After the igniter is triggered and the solid fuel charge is ignited, the combustion products, upon reaching a certain pressure, break through the diaphragm at the outlet of the chamber and rush along the barrel into the borehole. The shock wave formed after the diaphragm rupture propagates along the liquid column that fills the installation shaft and the borehole, and creates the initial opening of cracks in the vicinity of the borehole (the first phase of the impulse action). Further, the gaseous combustion products of the charge in the mode of quasi-static injection at a high rate displace the liquid from the borehole into the seam, lengthening the opened cracks and ensuring their uniform formation in the treated area (the second phase of the impulse action). The main parameters of the borehole and the method of hydropulse impact on the coal seam: To achieve the specified parameters of the installation, studies were carried out to substantiate the possibility of using a ballistite solid fuel charge as an energy carrier. The rate of pressure increase in the pulse, the magnitude and time of the impact of the pressure pulse are regulated by changing the gas supply by selecting the mass and shape of the charge and fuel brand. To substantiate the method of hydraulic impulse impact on the coal seam, a mathematical model of the installation operation has been developed. The calculation of intra-ballistic characteristics was carried out for various designs of multi-block and single-block charges. The most effective design is a multi-block charge consisting of seven single-channel all-round combustion blocks, as it provides a sufficiently developed initial combustion surface and fulfills the requirements for the rate of pressure increase in the combustion chamber and the introduction of the working fluid into the coal massif with the smallest mass of the charge. This is especially important from a mining safety point of view. The method of gas-hydropulse impact on a coal massif through a seam borehole consists in the fact that neutral gas (nitrogen), which is the main product of the chemical transformation of a solid fuel charge, through the axial channel of the gas generator placed in the casing pipe of a water-filled borehole, acts on a liquid column, with the help of which near the wellbore zone of the seam, new fractures are formed and existing ones are opened. The design of the azohydropulse installation in the process of bench tests with imitation of a seam borehole showed its performance in the modes specified by the terms of reference. The pressure in the shock wave reached 64-94.7 MPa. Intermediate pressure values (for example, 50 or 60 MPa) can be set based on the required processing parameters of the coal seam and its physical and mechanical characteristics. The experiments' data showed the effectiveness of bench test results and the subsequent possibility of their implementation in mine conditions.

Ключевые слова: ДЕГАЗАЦИЯ, ГИДРОИМПУЛЬСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, ГИДРОИМПУЛЬСНАЯ УСТАНОВКА, ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ, ЗАРЯД, БАЛЛИСТИТНОЕ ТВЁРДОЕ ТОПЛИВО, ГАЗОГЕНЕРАТОР.

KEY WORDS: DEGASSING, HYDROPULSE ACTION, HYDROPULSE INSTALLATION, INSTALLATION PARAMETERS, CHARGE, BALLISTITE SOLID FUEL, GAS GENERATOR.

Интенсификация подземной добычи угля и рост глубины шахт вызывают большие трудности в проведении дегазации пластов, усиливают опасность проявлений внезапных выбросов угля и газа. Для снижения газоносности пластов перед их разработкой до безопасных пределов необходимо добиваться 60 - процентной эффективности дегазации. Однако вследствие уменьшения

газоотдачи пластов на больших глубинах эффективность дегазации параллельными очистному забою скважинами снизилась до 15 - 25 % , причём при высоких скоростях подвигания очистных забоев период дегазации, составляющий 6-12 мес., сдерживает развитие горных работ. Дегазация угольных пластов на больших глубинах может быть эффективной лишь с применением специальных методов увеличения проницаемо-

сти и газоотдачи угольного массива [1-4].

ИГД им. А.А. Скочинского предложен способ дегазации, основанный на применении гидроразрыва угольного массива в импульсном режиме через проведенные из подземных горных выработок скважины [5]. Гидроимпульсное воздействие по этому способу осуществляют следующим образом (рис. 1).

Из горной выработки по пласту пробуривают горизонтальную скважину, которую обсаживают трубой и цементным раствором на глубину разгрузки массива $l_{ц}$. После затвердевания цементного раствора в скважину вводят трубу-ствол установки гидродинамического воздействия (УДВ). Перед гидравлической обработкой пласта в затрубное пространство скважины по шлангу подают жидкость, вязкость которой превышает вязкость рабочей жидкости. Вязкой жидкостью заполняют скважину на глубину герметизации $l_{г}$. По шлангу в скважину нагнетают рабочую жидкость, которая отделена от вязкой жидкости поршнем с уплотнительным элементом. В качестве рабочей жидкости используется вода с добавками поверхностно-активных веществ.

Воздействие на угольный пласт начинают с напорного нагнетания рабочей жидкости в скважину и пласт до давления 0,4...0,9 МПа. После заполнения жидкостью трещин и пор и оттеснения газа в угольный пласт подаётся команда на запуск гидроимпульсной установки (без снятия давления в рабочей жидкости). После срабатывания воспламенителя и зажжения заряда твёрдого топлива продукты сгорания по достижении определённого давления прорывают диафрагму на выходе из камеры и устремляются по стволу в скважину. Ударная волна, образовавшаяся по-

сле прорыва диафрагмы, распространяется по столбу жидкости, заполняющей ствол установки и скважину, и создаёт начальное раскрытие трещин в окрестности скважины (первая фаза импульсного воздействия). Далее газообразные продукты сгорания заряда в режиме квазистатического нагнетания с высоким темпом вытесняют жидкость из скважины в пласт, удлиняя раскрывшиеся трещины и обеспечивая равномерное их образование в обрабатываемой зоне (вторая фаза импульсного воздействия).

Основными параметрами, определяющими равномерное по длине скважины образование трещин и их раскрытие на необходимую длину, являются темп нарастания давления в камере сгорания установки dP/dt (не менее 50 МПа/с) и темп внедрения рабочей жидкости в угольный массив G (не менее 100 л/с).

Для достижения указанных параметров установки проведены исследования по обоснованию возможности применения в качестве энергоносителя заряда из баллиститного твёрдого топлива. Скорость нарастания давления в импульсе, величина и время воздействия импульса давления регулируются за счёт изменения газоприхода подбором массы и формы заряда, марки топлива.

Для обоснования способа гидроимпульсного воздействия на угольный пласт разработана математическая модель работы установки, расчётная схема которой показана на рис. 2.

Математическая модель описывает два участка работы установки.

Первый участок - участок горения заряда твёрдого топлива и нарастания давления в камере от момента воспламенения до момента открытия диафрагмы. Горение заряда происходит

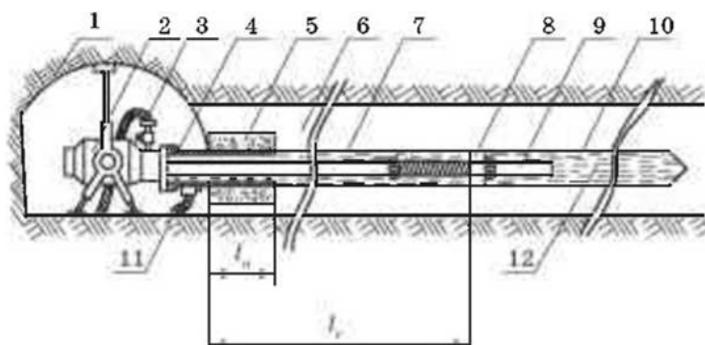


Рисунок 1. Схема гидроимпульсного воздействия на угольный пласт: 1 – горная выработка; 2 – корпус установки; 3 – шланг рабочей жидкости; 4 – труба; 5 – цементный раствор; 6 – угольный пласт; 7 – вязкая жидкость; 8 – разделительный поршень; 9 – ствол установки; 10 – скважина; 11 – шланг вязкой жидкости; 12 – рабочая жидкость

Figure 1. Scheme of hydraulic impulse impact on a coal seam: 1 - mining; 2 - installation body; 3 - hose of the working fluid; 4 - pipe; 5 - cement; 6 - coal seam; 7 - viscous liquid; 8 - separating piston; 9 - installation shaft; 10 - borehole; 11 - a hose of a viscous liquid; 12 - working fluid

Таблица 1. Основные параметры скважины и способа гидроимпульсного воздействия на угольный пласт:

Table 1. The main parameters of the well and the method of hydroimpulse action on the coal seam:

длина скважины	100 - 200 м
диаметр скважины	80 - 120 мм
глубина разгрузки массива	4 - 10 м
глубина герметизации	10 - 15 м
темп нарастания давления в камере сгорания установки	не менее 50 МПа
темп внедрения рабочей жидкости в угольный массив	не менее 100л/с
давление жидкости на забое (сопротивление массива)	не более 40 МПа
Характеристики установки:	
объём камеры сгорания	21,7 л
длина ствола установки	10-15 м
внутренний диаметр ствола	67 мм
максимально допустимое давление в камере сгорания установки P_{max}	не более 200 МПа
длительность импульса действия продуктов сгорания	0,4-2,0 с

в замкнутом объеме, изменение которого осуществляется только за счет сгорания топлива.

Система уравнений, описывающих первый участок, имеет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= \frac{k-1}{v} \left[\frac{RT}{k-1} \gamma_T S U - \frac{P S U}{k-1} - \alpha S_{ct} (T - T_{ct}) \right]; \\ \frac{dW}{dt} &= S U; \\ \frac{dz}{dt} &= \frac{2\alpha^2}{C_{ct} \cdot \gamma_{ct} \cdot \lambda_{ct}} (T - T_{ct,н} - \sqrt{z})^2; \\ T_{ct} &= T_{ct,н} + \sqrt{z}; \\ \gamma_{нов} &= \frac{(V_k - W_n) \gamma + \Delta W \gamma_T}{V_k - W_n + \Delta W}; \\ T &= \frac{P}{R \gamma}; \\ W_n &= W_{n,нач} - S \cdot e; \quad V = V_k - W_n. \end{aligned} \right\} (1)$$

где: P - текущее давление газов в камере сгорания;

t - текущее время процесса;

k - коэффициент адиабаты продуктов сгорания;

V - свободный объём камеры;

R - газовая постоянная продуктов сгорания;

T - действительная температура газов в камере;

γT - плотность твёрдого топлива;

S - текущая поверхность горения заряда;

U - текущая скорость горения топлива;

α - коэффициент теплоотдачи от газов к стенке камеры;

S_{ct} - поверхность теплообмена в камере сгорания;

T_{ct} - текущая температура стенки камеры;

W - сгоревший объём топлива;

z - обозначение, равное $[t(o,k)-T_{нач}]^2$;

C_{ct} - теплоемкость материала стенки камеры;

γ_{ct} - плотность материала стенки камеры;

λ_{ct} - коэффициент теплопроводности стенки камеры;

$T_{ct,н}$ - начальная температура стенки камеры;

$\gamma_{нов}$ - новое для следующего шага интегрирования значение плотности газов в камере;

V_k - объём камеры;

W_n - текущий объём заряда;

γ - плотность продуктов сгорания топлива;

ΔW - секундный сгоревший объём заряда;

$W_{n,нач}$ - начальный объём заряда;

e - секундный сгоревший свод заряда.

e - секундный сгоревший свод заряда.

Второй участок - работа установки от момента открытия диафрагмы до момента полного вытеснения рабочей жидкости из ствола.

На этом участке горение заряда происходит в замкнутом объеме, увеличение которого (объёма) осуществляется как за счёт сгорания заряда, так и за счёт движения границы раздела сред газ-жидкость по стволу установки. Продукты сгорания совершают работу на разгон рабочей жидкости и преодоление силы сопротивления на забое скважины, определяемой процессом трещинообразования. При расчётах противодавление в скважине принималось равным 40 МПа, что соответствует глубине залегания угольного массива 1000-1200 м.

Система уравнений, описывающая второй участок работы, имеет следующий вид:

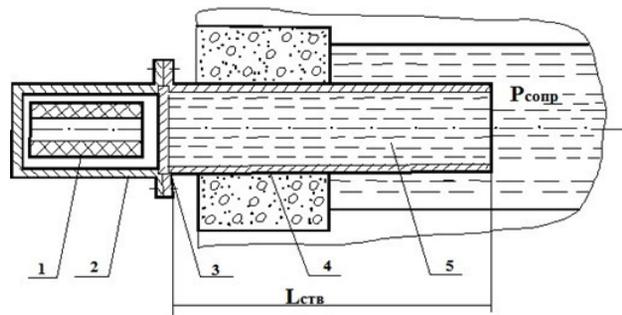


Рисунок 2. Расчетная схема математической модели гидроимпульсной установки: 1 – заряд баллиститного топлива; 2 – камера сгорания; 3 – диафрагма; 4 – ствол; 5 – рабочая жидкость
 Figure 2. Calculation scheme of the hydroimpulse installation mathematical model: 1 – charge of ballistite fuel; 2 – combustion chamber; 3 – diaphragm; 4 – trunk; 5 – working fluid

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= \frac{k-1}{V} \left[(PFV + PSU) \frac{1}{k-1} + \alpha \delta_{CT} (T - T_{CT}) + \pi D x \alpha (T - T_{CTH}) \right] + \frac{S \gamma_T URT}{V}; \\ \frac{dW_{oc}}{dt} &= Fv + SU; \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{\delta Mg \sin \theta + FP - F_{сопр}}{M}; \\ \frac{de}{dt} &= U; \\ \frac{dx}{dt} &= v; \\ \gamma &= \frac{(V_k - W_m) \gamma_1 + W \gamma_T}{V_k - W_m + W_{oc}}; \\ T &= \frac{P}{R \gamma}; \\ \frac{dz}{dt} &= \frac{2 \alpha^2}{C_{CT} \gamma_{CT} \lambda_{CT}} (T - T_{CTH} - \sqrt{z})^2; \\ T_{CT} &= T_{CTH} + \sqrt{z}; \quad V = V_k - W_m + W_{oc}. \end{aligned} \right\} (2)$$

где F - площадь поперечного сечения ствола;
 V - скорость движения границы раздела сред (газ-жидкость);
 D - эффективный диаметр ствола;
 x - координата границы раздела сред по длине;
 W_{oc} - свободный объем камеры сгорания, получающийся за счет сгорания топлива и перемещения границы раздела сред;
 δ - параметр, учитывающий наклон ствола:
 +1 - ствол направлен вниз;
 -1 - ствол направлен вверх;
 0 - ствол расположен горизонтально;
 M - масса рабочей жидкости в стволе;
 θ - угол наклона ствола к горизонту;
 $F_{сопр}$ - сила сопротивления движению жидкости в стволе;
 W - сгоревший объем топлива.
 Индекс «1» означает, что параметр равен конечному значению первого участка.

Системы уравнений (1) и (2) составлены с учётом следующих допущений:

а) внутрибаллистические параметры, входящие в уравнения, считаются осредненными по длине камеры и ствола. Перепадом давления, тем-

пературы, плотности по длине установки пренебрегаем, так как скорость движения границы раздела сред мала по сравнению со скоростью звука в продуктах сгорания;
 б) состав продуктов сгорания не меняется, $R = \text{const}$. При этом влияние испарившейся при контакте с горячим газом рабочей жидкости несущественно ввиду малости величины поверхности контакта газа с жидкостью;
 в) температура продуктов сгорания мало зависит от давления;
 г) рабочая жидкость несжимаемая, что позволяет при выводе уравнения движения рассматривать жидкость в трубе как стержень переменной длины.

Системы уравнений (1) и (2) решаются численным при следующих начальных условиях:

Участок 1	Участок 2
$P = P_{нач}$	$P = P_{отк.заг}$
$y = y_{нач}$	$y = y_1$
$\Delta W = 0$	$v = 0$
$z = 0$	$V = V_k - W_{п1}$
$e = 0$	$e = e_1$
	$x = 0$

где индекс «1» означает, что параметр равен конечному значению первого участка работы,

$$\gamma_{нач} = \frac{P_{нач}}{RT_{нач}} \quad (3)$$

где $P_{нач}$, $\gamma_{нач}$ - давление и плотность продуктов сгорания в камере после срабатывания воспламенителя,

$$T_{нач} = \chi T_k \quad (4)$$

где χ - коэффициент теплопотерь на участке воспламенения;

T_k - теоретическая температура продуктов сгорания в камере.

Расчёт внутрибаллистических характеристик по разработанной математической модели проводился для различных конструкций многшашечных и одношашечных зарядов. Наиболее эффективной является конструкция многшашечного заряда, состоящая из семи одноканальных шашек всестороннего горения с наружным диаметром 60 мм и диаметром канала Б2 мм, так как такая конструкция обеспечивает достаточно развитую начальную поверхность горения и выполнение требований по темпу нарастания давления в камере сгорания и внедрению рабочей жидкости в угольный массив при наименьшей массе заряда. Это особенно важно с точки зрения безопасности горных работ.

Расчётные параметры установки для семишашечного заряда различной длины и массы представлены в таблице 2, зависимость давления от времени – на рисунке 3. При анализе результатов математического моделирования процесса работы гидроимпульсной установки установлено, что:

- а) вследствие влияния инерционных свойств вытесняемой из ствола рабочей жидкости возможно возникновение в конце горения заряда колебательного процесса, характеризующегося одним или несколькими подъёмами и спадами давления в камере сгорания и толчкообразным движением жидкости в стволе;
- б) чем более интенсивен рост давления в камере сгорания и чем выше его уровень, тем менее вероятным является возникновение колебательного процесса;
- в) при увеличении длины шашек происходит рост давления и сокращение времени вытеснения рабочей жидкости из ствола.

Установка имеет большую массу (2 тонны), её сложно использовать в подземных условиях, поэтому совместно с ФЦДТ «Союз» разработана и испытана газогидроимпульсная установка УГГИ со скважинным газогенератором [6].

Установка газогидроимпульсная (УГГИ) для угольных шахт [6] содержит: твердотопливный скважинный газогенератор; серийно выпускаемый для подземных работ насос для подачи рабочей жидкости в скважину, устье которой обсажено металлической трубой; средства крепления газогенератора в обсадной трубе и горной выработке; заряд твердого топлива, размещенный в полости корпуса газогенератора; источник его воспламенения и пиропатрон. В качестве источника импульса тока использованы устройства ЖЗ 2460 (ТУ 25-7514.0134-89) или ЖЗ 2462 (ТУ 3148-014-05798310-2002).

Принцип газогидроимпульсного воздействия на массив угля через пластовую скважину заключается в том, что нейтральный газ (азот), являющийся основным продуктом химического превращения заряда твердого топлива по осевому каналу газогенератора, размещенного в обсадной трубе водонаполненной скважины, воздействует на столб жидкости, с помощью которой в прискважинной зоне пласта образуются новые трещины и раскрываются имеющиеся [6].

Технология газогидроимпульсного воздействия на массив угля через пластовые восстающие или нисходящие скважины включает:

- обсадку устья скважины трубой;
- снаряжение полости газогенератора энергоносителем;
- установку и последующую герметизацию импульсного устройства в обсадной трубе;
- его крепление в горной выработке;
- нагнетание жидкости (вода, вода с добавками ПАВ) до заполнения скважины и прискважинной зоны пласта и достижения установившейся величины давления;
- инициирование энергоносителя, формирующего импульс высокого давления газов и образование в угольном массиве искусственных трещин;
- квазистатическое вытеснение жидкости в пласт с развитием сети трещин;
- извлечение импульсного устройства и подключение скважины к дегазационному трубопроводу.

При импульсном воздействии на предварительно обводненный массив угля жидкостью, являющейся рабочим телом при образовании новых трещин, основное значение имеют темп нагнетания жидкости, величина импульса и давление, оказываемое на стенки скважины и на жидкость в трещинах прискважинной зоны пласта.

Объектом исследования явилась опытная газогидроимпульсная установка (УГГИ-93), работоспособность которой испытана на базе испытательной станции ИС-36 ФЦДТ «Союз».

Приближение к реальным шахтным условиям осуществлено наличием на стенде трубы, имитирующей обсадную трубу, и набор труб, имитирующих скважину. В процессе испытаний установки использованы заряды энергоносителя, воспламенитель и пиропатроны ФНПЦ «НИ-ИПХ». Массово-геометрические параметры заряда и воспламенителя приведены в таблице 3, а характеристики энергоносителя - в таблице 4.

Давление воды в стеновых трубах, имити-

Таблица 2. Результаты расчёта параметров гидроимпульсной установки
Table 2. Calculating results of the hypopulse installation parameters

Длина шашки, l_3 , м	Масса заряда, кг	Максимальное давление в камере $p \cdot 10^5$, Па	Время движения границы раздела сред в стволе, с	Путь, пройденный границей раздела сред по стволу установки, м
0,120	3,67	530	0,49	10,6
0,175	5,353	620	0,43	14,8
0,180	5,574	630	0,42	15,0
0,200	6,118	665	0,27	15,0
0,250	7,647	756	0,21	15,0

Примечание: Заряд изготовлен из БЗТТ. Длина ствола установки - 15 м.
Давление прорыва диафрагмы - 40,5 МПа.

тирующих скважину, измерялось датчиками давления IX-412/600, а температура – с помощью термопар, размещенных на фланце газогенератора УГГИ-93 и в конце обсадной трубы. Динамика изменения давления газообразных продуктов химического превращения твердого заряда в азот, изменение температуры, а также время и давление срабатывания клапана фиксировались с помощью измерительного комплекса ФЦДТ «Союз» с автоматизированной обработкой данных испытаний.

Задачами стендовых испытаний газогенератора импульсов давления в варианте УГГИ-93 являлись:

- отработка элементов конструкции газогенератора, преимущественно головной и хвостовой его частей;
- проверка надежности и герметичности узла крепления хвостовой части газогенератора к трубе, имитирующей обсадную трубу скважины;
- отработка зарядов энергоносителя и воспламенителя, используемых в газогенераторе;

- исследование динамики процесса воздействия импульсами' высокого давления на жидкость в трубе, имитирующей пластовую скважину;

- оценка соответствия внутрибаллистических параметров заряда энергоносителя и газогенератора импульсов давления требованиям технического задания на трубе-модели, имитирующей скважину.

Схема размещения оборудования, клапана-фильтры, датчиков давления и температуры при стендовых испытаниях установки УГГИ-93 с имитацией скважины показана на рисунке 4.

Результаты стендовых испытаний гидроимпульсной установки УГГИ-93 представлены в таблице 5. Для каждого опыта записана динамика процесса нарастания давления воды в трубах, имитирующих обсадную трубу и скважину. Протекание процессов изменения давления воды от времени, отсчитываемого с момента подачи сигнала на инициатор воспламенения заряда твердого топлива, зафиксировано по показаниям соответствующих датчиков за полное

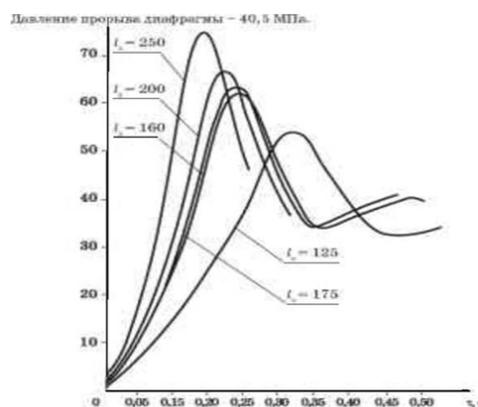


Рисунок 3. Зависимости давления P в камере УДВ от времени t : l_3 – длина шашки, мм.
Figure 3. Dependences of pressure P in the UDV chamber on time t : l_3 – block length, mm

время работы установки УГГИ-93. В опыте 1 заполнение труб осуществлялось холодной водой, температура которой составляла +18 °С, а в опыте 2 - горячей водой (из батарей отопления помещений ИС-36). В первом опыте за 50 секунд после инициирования заряда фланец и труба не прогрелись. Во втором опыте время фиксации температуры термодатчиками было увеличено до 500 секунд: на фланце температура выше 20 °С не поднималась, а на конце обсадной трубы составляла 115 °С.

В результате проведения стендовых испытаний газогидроимпульсной установки УГГИ-93 установлено следующее:

1. Конструкция газогидроимпульсной установки в процессе стендовых испытаний с имитацией пластовой скважины показала свою работоспособность в режимах, заданных техническим заданием (давление открытия клапана 40-75 МПа). Промежуточные значения давления (например, 50 или 60 МПа) могут задаваться, исходя из требуемых параметров обработки угольного пласта и его физико-механических характеристик. Данные опытов показали эффективность результатов стендовых испытаний

и последующую возможность их проведения в шахтных условиях.

2. Головная часть установки УГГИ - 93 с измененным расположением сопловых отверстий (осевое направление выброса рабочего объема азота) спроектирована правильно.

3. Энергоноситель (твердотопливный источник азота ТИАЗ КЭШ 4, воспламенитель ВТИАЗ КЭТ 4) и пиропатрон ПДО-2 показали в основном свою надежность, безопасность и простоту в обращении при зарядке газогенератора. По своим баллистическим характеристикам указанные изделия имеют низкую чувствительность к трению и электрической искре, не имеют тротилового эквивалента. К недостаткам энергоносителя следует отнести то, что в составе шлака, оставшегося после сгорания шашек, остается определенное количество натрия, что может осложнить очистку и промывку газогенератора в подземных условиях из-за вероятности искрения остатков шлака при контакте с водой. Поэтому сборку, разборку, очистку и перезарядку газогенератора энергоносителем следует производить на поверхности шахты.

4. Испытания опытного образца газогенератора

Таблица 3. Параметры заряда и воспламенения
Table 3. Charge and ignition parameters

Наименование основных параметров	Величина параметров	
	заряда КЭШ4	воспламенителя КЭТ4
Габаритные размеры, мм:		
высота макс.	84,4	50,5
диаметр макс.	62	39
Масса, г	510	88
Количество изделий для одного снаряжения, шт.	6	1

Таблица 4. Характеристика энергоносителя
Table 4. Characteristics of the energy carrier

Наименование характеристик энергоносителя	Значение характеристик
Температура самовоспламенения по ОСТ 3-6613-90, °С	295
Чувствительность к электроискре по ОСТ В84-1909-81, МДж	низкая
Тротиловый эквивалент по ОСТ В84-208-81	0
Чувствительность к трению по ОСТ 3-6609-90, кл.	16 (низкая)
Чувствительность к удару по ОСТ В84-2447-90, кл.	10 (высокая)
Класс опасности по ГОСТ 19433-88 (грузы опасные)	1.40
Номер аварийной карточки	727

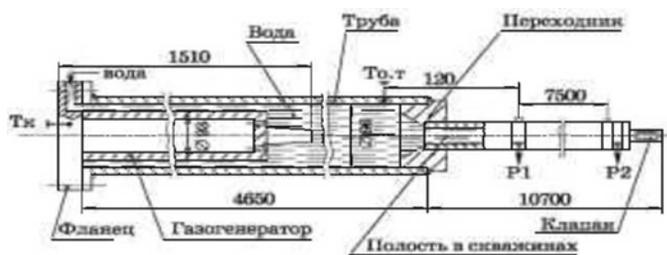


Рисунок 4. Схема размещения оборудования, клапанов и датчиков давления и температуры при стендовых испытаниях УГГИ-93 с имитацией скважины. P – датчик давления; T – датчик температуры
 Figure 4. Layout of equipment, valves and pressure and temperature sensors during bench tests of UGGI-93 with borehole simulation. P – pressure sensor; T - temperature sensor

Таблица 5. Показатели стендовых испытаний газогенератора (УГГИ-93)
 Table 5. Indicators of gas generator (UGGI-93) bench tests

Наименование показателей	Значения показателей	
	1	2
Номер опыта	1	2
Масса заряда, кг	3,06	3,06
Масса воспламенителя, кг	0,088	0,088
Давление открытия клапана, МПа	40	75
Объем воды, поданной в трубы, имитирующие обсадную трубу и скважину, м ³	0,043	0,054
Время заполнения труб водой, мин	8	10
Время подачи сигнала для воспламенения заряда (точка отсчета - "0»)	16ч. 15 мин	14 ч. 30 мин
Время задержки воспламенения заряда, с	0,07	0,07
Время задержки открытия клапана, с	0,50	0,51
Температура газов в полости газогенератора, °С	До 500	До 500
Давление, МПа:		
- в ударной волне	64	94,7
- в обсадной трубе	12,5	41
- в трубе-скважине	4	10
Время достижения максимума давления, с	0,51	0,52
Температура обсадной трубы, °С	60	112
Время достижения максимума температуры, с.	Нет данных	170
Задержка открытия клапана-фильтра, с	1,0	1,0
Полное время работа, с:		
- газогенератора	1,87	2,56
- установки	более 2,5	более 3

нератора УГГИ-93, входящего в комплект установки, свидетельствуют о целесообразности замены энергоносителя на бесшлаковый с воз-

можностью перезарядки газогенератора в горных выработках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубан А.Д., Забурдяев Г.С., Забурдяев В.С. Геотехнологические проблемы разработки опасных по газу и пыли угольных пластов. ИПКОН РАН. – М.: Наука, 2007. – 279 с.
2. Забурдяев В.С., Забурдяев Г.С., Козлов В.А., Сухоруков Г.И. Дегазация и увлажнение угольных пластов – эффективные методы повышения взрывоопасности и экологии метанообильных шахт //Двойные технологии. Российская инженерная академия. - №12, 1999. – С.36-40.
3. Подображин С.Н. Параметры гидродинамического воздействия на угольные пласты//Безопасность труда в промышленности. - 2010. - № 5. - С. 36–38.
4. Методы снижения выделений пыли и газа при добыче угля: монография / С.Н. Подображин. – М. : Издатель-

ский Дом НИТУ «МИСиС», 2021. – 344 с.

5. Рубан А.Д., Забурдяев В.С., Забурдяев Г.С. Способ воздействия на угольный пласт. Патент РФ, №2272909.
6. Рубан А.Д., Забурдяев В.С., Забурдяев Г.С. Устройство газоимпульсное. Патент РФ, №2276723.

REFERENCES

1. Ruban, A.D., Zaburdiaev, G.S., & Zaburdiaev, V.S. (2007). Geotechnological problems of developing gas and dust hazardous coal seams. Moscow: Nauka [in Russian].
2. Zaburdiaev, V.S., Zaburdiaev, G.S., Kozlov, V.A., & Sukhorukov, G.I. (1999). Degassing and moistening of coal seams are effective methods for improving the explosion safety and ecology of methane-rich mines. Dvoynnye tekhnologii. Rossiyskaya inzhenernaya akademiya - Dual technologies. Russian Engineering Academy, 12, 36-40 [in Russian].
3. Podobrazhin, S.N. (2010). Parameters of hydrodynamic impact on coal seams. Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial Labor Safety, 5, 36-38 [in Russian].
4. Podobrazhin, S.N. (2021). Methods for reducing dust and gas emissions during coal mining: monograph. Moscow: NITU MISiS Publishing House [in Russian].
5. Ruban, A.D., Zaburdiaev, V.S., & Zaburdiaev, G.S., The method of impacting the coal seam. Patent of the Russian Federation, No. 2272909 [in Russian].
6. Ruban, A.D., Zaburdiaev, V.S., & Zaburdiaev, G.S., Gas pulse device. Patent of the Russian Federation, No. 2276723 [in Russian].



■ Ю. А. Масаев// Yu.A. Masaev

канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, Почетный член Академии горных наук
Candidate of technical sciences, professor FGBOU VO KuzGTU named after T.F.Gorbachev Honorary Member of the Academy of Mining Sciences. Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation.



■ В. Ю. Масаев// V.Yu. Masaev
masaev-62@mail.ru

канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО КузГТУ ФГБОУ ВО Кузбасская ГСХА
candidate of technical sciences, assistant professor FGBOU VO KuzGTU named after T.F. Gorbachev, Kemerovo State Agricultural Academy

УДК 622.281; 622.274

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА ЗАРЯДА ВВ С РАЗРУШАЕМЫМ ПОРОДНЫМ МАССИВОМ И ВНУТРЕННЕЙ ЗАБОЙКОЙ CHARGE EXPLOSION INTERACTION WITH THE ROCK MASS TO BE DESTROYED AND WITH THE INTERNAL TAMPING

Применение взрывчатых веществ для разрушения горных пород было начато в далекие времена и основное внимание уделялось достижению качественного разрушения горной породы, и уделялось внимание, главным образом, на глубину шпуров, их взаимное расположение, порядок взрывания и применяемое взрывчатое вещество. Когда начали происходить воспламенения пылегазовой атмосферы с тяжелыми последствиями начали изыскивать способы предотвращения таких явлений начались исследования и изыскания надежных видов внутренней забойки. В статье рассмотрены процессы, развивающиеся при взрыве зарядов ВВ, условия формирования импульса давления в зарядной полости, обеспечивающие полноту использования энергии взрыва на разрушение породного массива и причины возникновения аварийных ситуаций, зависящие от качества применяемой внутренней забойки. Показано, что роль внутренней забойки как одного из средств повышения эффективности и безопасности взрывания сводится к максимально возможной задержке в канале шпура (скважины) продуктов детонации и снижению температуры газов взрыва, выбрасываемых через устье шпура в призабойное пространство. Время сохранения в шпурах высокого давления газов взрыва в значительной степени зависит от материала и размера забойки. Внутренняя забойка при взрывных работах, особенно в условиях, опасных по газу и пыли, оказывает значительное влияние на характер процессов, протекающих в шпурах в момент детонации зарядов ВВ. Приведены разработанные и защищенные патентами на изобретения эффективные виды внутренней забойки.

The use of explosives for the destruction of rocks was started in old times and the main attention was paid to achieving high quality destruction of the rock, and attention was paid mainly to the depth of the holes, their relative position, the order of explosion - and the used explosive. When ignitions of the dusty gas atmosphere began to occur with serious consequences, they began to look for ways to prevent such phenomena, studies were started and also searches for reliable types of internal tamping. The article considers the processes that develop during the charge explosions, the conditions for the formation of a pressure pulse in the charging cavity, ensuring the completeness of the explosion energy use for the destruction of the rock mass, and the causes of emergency situations, depending on the internal tamping quality. The role of internal tamping is shown as one of the means to increase the efficiency and safety of blasting, which is reduced to the maximum possible retention in the borehole (well) channel of detonation products and a decrease in the temperature of explosion gases ejected through the mouth of the borehole into the face area. The retention time of high-pressure explosion gases in boreholes largely depends on the material and size of the tamping. Internal tamping during blasting, especially under conditions hazardous for gas and dust, has a significant impact on the nature of the processes occurring in boreholes at the time of the explosive charge detonation. The effective types of internal tamping developed and protected by patents for inventions are presented.

Ключевые слова: ВНУТРЕННЯЯ ЗАБОЙКА, ИМПУЛЬС ДАВЛЕНИЯ, ДЕТОНАЦИОННОЕ ДАВЛЕНИЕ, ХИМИЧЕСКИЙ РЕАГЕНТ, ПРОДУКТЫ ВЗРЫВА.

Key words: INTERNAL TAMPING; PRESSURE PULSE; DETONATION PRESSURE; CHEMICAL REAGENT; EXPLOSION PRODUCTS.

Проведение горных выработок и других объектов с применением взрывчатых веществ должно обеспечивать качество разрушения горных пород, и для этого необходимо создавать условия более полного использования энергии взрыва зарядов ВВ за счет увеличения длительности действия продуктов детонации на разрушаемый породный массив. Заряды взрывчатого вещества размещаются в шпурах, скважинах, камерах и для обеспечения качественного разрушения горной породы необходимо создать условия полноценного использования энергии взрыва на разрушаемую горную породу, что обеспечивается применением качественной внутренней забойки.

Роль внутренней забойки как одного из средств повышения эффективности и безопасности взрывания сводится к максимально возможной задержке в канале шпура (скважины) продуктов детонации и снижению температуры газов взрыва, выбрасываемых через устье шпура в призабойное пространство. Время сохранения в шпурах высокого давления газов взрыва в значительной степени зависит от материала и размера забойки.

Внутренняя забойка при взрывных работах, особенно в условиях, опасных по газу и пыли, оказывает значительное влияние на характер процессов, протекающих в шпурах в момент детонации зарядов ВВ. При детонации заряда ВВ стенки шпура испытывают очень большое давление, в большой степени зависящее от механизма формирования и параметров импульса давления, который выражает закономерность изменения давления (P) зарядной камеры во времени (t) и определяется следующими выражением:

$$J = \int_0^t P(t) dt \quad (1)$$

Импульс давления проявляется в виде динамических ударов, намного превышающих прочность взрываемого породного массива, под действием которых нарушается целостность массива и образуется большое количество трещин. Глубина образуемых трещин может быть различна и она зависит от мощности взрывчатого вещества, прочностных характеристик породного массива и многих других факторов.

Дальнейшее расширение трещин и разрушение породного массива производят газообразные продукты взрыва, находящиеся в шпуре, давление которых может достигать до 10 тыс. атмосфер. Если внутренняя забойка плохо

го качества или недостаточной величины, то при увеличенном весе заряда ВВ она может быть вытолкнута из шпура раньше, чем давление в шпуре достигает максимального значения. И избежать такого явления можно лишь при улучшении качества внутренней забойки, которая могла бы оказывать сопротивление давлению продуктов взрыва до того момента, пока они не заполнят все трещины в горной породе и не произведут надлежащей работы. Но кроме обеспечения качества разрушения взрываемого породного массива, внутренняя забойка оказывает большое влияние и на безопасность взрывных работ.

При взрыве шпурового заряда ВВ внутренняя забойка способна задержать высокотемпературные газообразные продукты взрыва на время, достаточное для завершения реакции разложения взрывчатого вещества внутри шпура. Помимо предотвращения выхода раскаленных газообразных продуктов взрыва в призабойное пространство, внутренняя забойка предотвращает разбрасывание исходного вещества в виде неразложившихся частиц ВВ, которые попадая в призабойное пространство вступают в реакцию с кислородом воздуха и до окисляются с образованием высокой температуры. При детонации заряда ВВ температура достигает 3000–3500°C и за счет этого вместе с газами взрыва выбрасываются раскаленные частицы раздробленных проводников и гильз электродетонаторов, а также раскаленные породные частицы, срезаемые со стенок шпуров, которые могут воспламенить не только метано-воздушную, но и пылевоздушную атмосферу. Из литературных источников было известно, что на уральском руднике при добыче каменной соли подземным способом произошел взрыв соляной пылегазовой атмосферы. На одном из мелькомбинатов от короткого замыкания произошел взрыв тонкоизмельченной мучной пыли в смеси с воздухом. Исследователи решили проверить какие пылевые частицы способны взрывать, и они взяли сухую тонкоизмельченную дорожную земляную пыль и при определенной концентрации и температуре она также взрывалась. Поэтому, при любых взрывах необходимо применять качественную внутреннюю забойку в соответствии с Правилами безопасности. Требованиями правил безопасности предусмотрено, чтобы при взрывании шпуровых зарядов ВВ длина внутренней забойки была не менее 0,5 м, а при использовании водонаполненных ампул необходимо размещать две ампулы и запирающий глиняный пыж длиной 10 см. Расследова-

ние аварийных ситуаций показало, что причиной аварий являлось неправильное расположение внутренней забойки по качеству и количеству забоечного материала, неправильное расположение патрона-боевика в заряде ВВ и др.

При любых методах взрывных работ внутренней забойке должно уделяться особое внимание и на протяжении многих лет проводятся изыскания наиболее эффективных, безопасных и дешевых забоечных материалов внутренней забойки.

Все виды забоечных материалов можно разделить на следующие группы:

1. Забойка из пластичных и сыпучих материалов. Ранее широкое распространение получала глиняная забойка, на рудных шахтах применяется песчаная забойка. В некоторых странах использовали забойку из тощих бетонов (5 % песка и 1 % цемента), из гипсовой пыли, молотый поваренной соли. Испытывалась бетонная забойка (бентонит – определенный сорт глины, которые при увлажнении способны увеличиваться в объеме) и мергельная забойка;
2. Твердая забойка в виде пластмассовых, деревянных, бетонных пробок;
3. Водяная забойка;
4. Забойка в виде пасты и пены.

Из всех указанных видов забоечных материалов нельзя назвать наилучший и произвести четкое разграничение их по эффективности. Так, одни авторы считают лучшей песчано-глиняную забойку, другие – песчаную, некоторые утверждают, что лучшей является водяная забойка. причина таких противоречий заключается, прежде всего в различных условиях применения и способах оценки качества забоечного материала.

У зарубежных исследователей почти все способы оценки качества забоечного материала основываются на определении величины детонационного давления в шпуре и времени его действия. Отечественные исследователи качество внутренней забойки оценили по интенсивности свечения на фронте ударной волны, другие – определяли время задержки внутренней забойки по величине электромагнитного излучения, возникающего в сильно сжатом и нагретом ионизированном газе, образующемся при взрыве заряда ВВ. Было установлено, что если внутренняя забойка задерживает продукты взрыва в шпуре на время, большее чем 3 м/сек, то даже предохранительные ВВ не воспламеняют метан. За такой промежуток времени продукты взрыва настолько охлаждаются и теряют свою химиче-

скую активность, что не вызывают взрыва метана или угольной пыли и исходя из этого предлагается применять такую длину внутренней забойки, которая обеспечивала бы четырехкратный запас надежности и время задержки забойки в шпуре должно быть не менее 12 миллисекунд. Проводились и другие исследования качества различных видов внутренней забойки и было установлено, что развивающееся давление при взрыве заряда ВВ в зарядной полости находится в прямой зависимости от длины внутренней забойки. Чем качественнее внутренняя забойка, тем интенсивнее проявляется действие ударной волны на природный массив. Нарастание давления происходит до определенного момента и достигает своего максимума при определенной длине внутренней забойки (разной для различных материалов), а при дальнейшем увеличении длины забойки действие ударной волны на породный массив снижается.

Энергетический баланс у заряда взрывчатого вещества остается при этом постоянным и там, где уменьшается действие ударной волны вне шпура (в призабойном пространстве), увеличивается давление взрыва внутри шпура, идущего на полезную работу. Следовательно, и действие продуктов взрыва на окружающую среду в этом случае будут более безопасными для воспламенения пылегазовой атмосферы. Максимальное действие ударной волны за стенками шпура и все точки нарастающей ветви давления являются самыми невыгодными в отношении использования энергии взрыва. В этом случае выбрасываемые продукты взрыва являются наиболее опасными для воспламенения пылегазовой атмосферы, поэтому заряд ВВ должен работать на затухающей ветви в наиболее удаленной от максимума точке.

Как уже было отмечено, в отечественных и зарубежных исследованиях основными критериями оценки являлось время задержки забойки в шпуре или же величина детонационного давления и время его действия. На наш взгляд, недостаток этих методов заключается в том, что они не учитывают влияния внутренней забойки на начало разрушения взрываемого массива. Чем качественнее внутренняя забойка, тем больше энергия формирующихся волн напряжения и тем интенсивнее будет происходить образование трещин, а условия эффективности будут предопределяться временем начала разрушения взрываемого породного массива.

В качестве критерия оценки безопасности при исследованиях забоечных материалов в раз-

личных условиях взрывания принято время задержки внутренней забойки в шпуре. Под временем задержки понимается промежуток от начала детонации заряда ВВ до момента появления забойки перед устьем шпура и начала истечения продуктов взрыва, определяемые с помощью датчиков, устанавливаемых в патроне боевике ВВ и в устье шпура. Для обеспечения надежности и точности фиксирования момента вылета из шпуров внутренней забойки любой конструкции, выполненной из любого забоечного материала и повышения точности результатов при изучении механизма формирования импульса взрыва при различных условиях взрывания нами был разработан датчик задержки внутренней забойки в шпуре (рис. 1).

Датчик состоит из двух сегментов 1 (лучше из дерева), на внутренних поверхностях которых закреплены тонкие изогнутые металлические пружинящие пластины 2. К каждой пластине подсоединены электропровода 3, подводящие к источнику питания. После заряжания шпура и размещения в нем внутренней забойки, в устье шпура 4 вводится датчик, при этом пружинящие пластины прижимаются друг к другу, образуя замкнутую электрическую цепь и одновременно прижимая сегменты к стенкам шпура, предотвращая самопроизвольное выпадения датчика даже из восстающих шпуров. В процессе детонации зарядов ВВ образующиеся продукты взрыва действуя на внутреннюю забойку приводят ее в движение, которая, достигая устья шпура выталкивает датчик и выбрасывает его из шпура. Пластины при этом разжимаются и размыкание электрической цепи фиксируется на приборе.

Определение времени задержки дает возможность устанавливать необходимую величину внутренней забойки, обеспечивающую задержку продуктов взрыва в шпуре на время, не менее

чем 12 м/сек. (безопасный предел).

В первые (в XIX в.) французские исследователи Малляр и Ле-Шателье провели исследования процессов самовоспламенения газо-воздушных смесей от взрыва ВВ и установили, что минимальная температура вспышки метано-воздушной смеси составляет 650°C при времени разогрева за 10 сек (период индукции). Позднее было установлено, что воспламенение метано-воздушной смеси может происходить при концентрации 4,4 – 16 % и в 1928 г. академик Н. Н. Семенов установил, что реакция окисления метана имеет цепной характер – каждый атом метана вовлекает в реакцию два соседних атома, что объясняет механизм перехода управляемого процесса горения в неуправляемый (переход обычного горения во взрывное). А в 1956 г. академик Н. Н. Семенов за разработку теории цепных реакций горения был удостоен Нобелевской премии.

Высокотемпературные продукты взрыва являются наиболее опасными для воспламенения метано-воздушной или пыле-воздушной смеси и качество применяемой внутренней забойки будет лучше в том случае, если при меньшей ее длине большее время взрыв заряда ВВ изолируется в шпуре, обеспечивая условия для наиболее полного процесса взрывчатого разложения, а самое главное предотвращается выброс высокотемпературных продуктов взрыва в призабойное пространство.

На рис. 2 приведены результаты взрыва шпурового заряда аммонита ПЖВ-20 весом 600 г. в стальной mortarе без внутренней забойки.

Из устья шпура выбрасываются высокотемпературные газообразные продукты взрыва, радиус ореола которых 1,8–2,0 м, а из них вылетает масса раскаленных твердых частиц на расстоянии 18–20 метров.

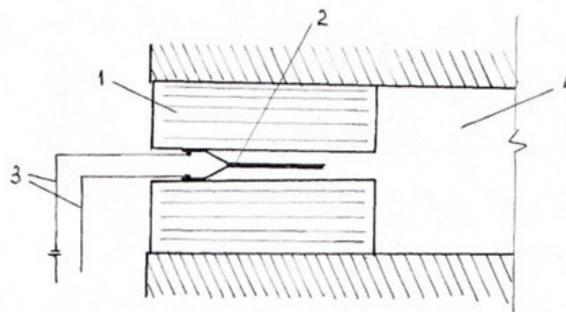
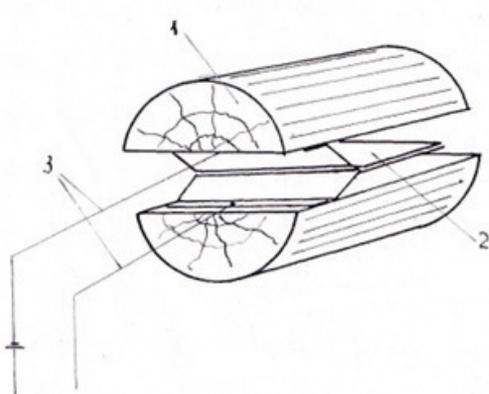


Рисунок 1. Датчик задержки внутренней забойки в шпуре.
Figure 1. The sensor of the internal tamping retention in the borehole.

Все эти выбросы и необходимо предотвращать, чтобы обеспечить качество взрыва и исключить аварийные ситуации.

Источниками воспламенения пылегазовой атмосферы являются:

1. Раскаленные твердые частицы;
2. Нагретые до высокой температуры газообразные продукты взрыва;
3. Вторичные реакции, возникающие в призабойном пространстве при выбросе недоокисленных продуктов взрыва и их смешении с метано-воздушной средой;
4. Ударная волна (прямая и отраженная), вызывающая адиабатическое сжатие метано-воздушной среды.

Сущность вторичных реакций состоит в том, что продукты детонации в своем составе могут иметь горючие газы и большое количество свободного углерода. Попадая в рудничный воздух, они начинают окисляться, и эта реакция может продолжаться при определенных условиях до тех пор, пока все горючие компоненты не окислятся до углекислого газа, воды и окислов азота.

Вторичное пламя имеет высокую температуру и легко может вызывать воспламенение метано-воздушной смеси. Последовательное развитие вторичного пламени удалось наблюдать при взрыве заряда тротила, имеющего большой отрицательный кислородный баланс, с помощью скоростной фотосъемки с частотой 4000 кадров в секунду, т.е. каждый последующий кадр фотографировался через 0,25 м/сек. С начала наблюдалось увеличение светящегося облака до мак-

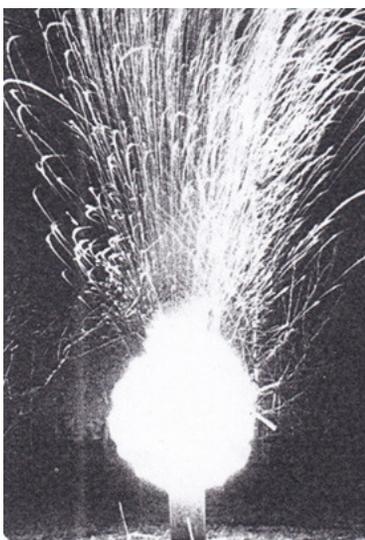


Рисунок 2. Выброс продуктов взрыва из шпура при взрывании без внутренней забойки
Figure 2. Ejection of explosion products from the borehole during blasting without internal tamping

симального размера, затем уменьшение почти полностью и вновь через 10–12 м/сек. начинает увеличиваться в объеме яркое свечение. При этом, концентрированное пламя раздваивается на примерно равные по объему шары и в таком виде регистрируется последующими кадрами в течении еще 5 м/сек. Яркими вспышками и, наконец, по истечении 25 м/сек. с момента взрыва заряда ВВ пламя затухает. Этот взрыв дает достаточно ясное представление о характере вторичных реакций.

Из всех предназначенных для внутренней забойки материалов более всего пригодна вода. При взрывании шпурового заряда ВВ вода превращается в мелкодисперсное состояние и в таком виде выбрасывается из шпура продуктами взрыва. Перед забоем образуется водяное облако, которое предохраняет от воспламенения пылегазовую атмосферу в случае выхода раскаленных продуктов взрыва в призабойное пространство. Наибольший эффект водяная забойка дает при условии заполнения всего сечения шпура, но заполнить свободной водой можно только шпуры нисходящего направления.

Для промышленного использования было рекомендовано применять водяную забойку в водонаполненных ампулах из полиэтилена или других пластмасс. Заполнение таких ампул осуществляется как на поверхности, так и непосредственно в забое. Однако забойка в виде водонаполненных ампул, помещаемых в шпур без дополнительного уплотнения, не находило применения из-за ряда существенных недостатков, основные из которых следующие:

1. Водонаполненные ампулы, лежащие в шпуре, свободно могут быть выброшены взрывом заряда ВВ;
2. Между поверхностями ампул и стенками шпура имеется зазор, через который продукты взрыва могут проникнуть в призабойное пространство;
3. Поскольку ампулы не уплотнены в шпуре, такая забойка неприменима в восстающих шпурах.

Различными исследователями предлагалось ряд мер по повышению эффективности водяной забойки и основное внимание при этом уделялось способу уплотнения водонаполненных ампул в шпуре. Предлагалось применять водонаполненные ампулы в комплексе с глиняной, песчаной или другой забойкой, использовать для уплотнения ампул в шпуре клинья из породы, цемента и др. Было ряд предложений по применению ампул, наполняемых водой под

давлением непосредственно в шпуре.

Некоторые из рекомендованных видов внутренней забойки с применением водонаполненных ампул дают возможность обеспечить безопасные условия шпуровых зарядов ВВ, однако они усложняют процесс заряжания шпуров и поэтому в настоящее время они не находят промышленного применения.

Нами была разработана самоуплотняющаяся водяная забойка в полиэтиленовых ампулах. Она отличается от обычной водяной забойки тем, что в ампулу дополнительно помещается химический реагент, при взаимодействии которого с водой образуется пенно-газовая среда, ампула расширяется в шпуре и плотно перекрывает все сечение шпура. В связи с тем, что при взаимодействие химического реагента с водой внутри ампулы развивается большое давление, стенки ампулы должны иметь повышенную прочность и они изготавливаются из полиэтилена марки А или В, имеющий предел прочности на разрыв 100–120 кг/см², относительное удлинение при разрыве 200–300 % и не теряет своих свойств при температуре до минус 60°С.

Химический реагент упакован в патрон по размеру сигареты. Наполненные водой ампулы складываются у места взрывных работ, влагоизолирующее покрытие, имеющееся на химическом реагенте, предотвращает начало реакции.

В свободном состоянии (вне шпура) после раздавливания реагента при взаимодействии с водой начинается бурная реакция с образованием большого количества углекислотной пены через 1,0–1,5 мин. Внутри ампулы создается давление 1,0–1,1 атм. и диаметр ампулы увели-

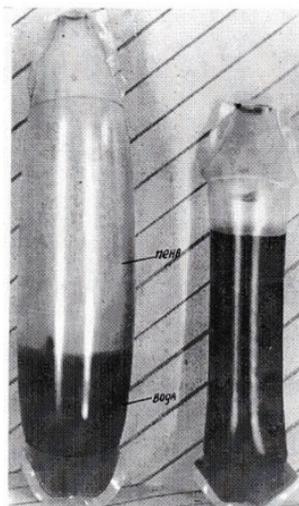


Рисунок 3. Самоуплотняющаяся водяная забойка шпуров

Figure 3. Self-compacting water borehole tamping

чивается с 38 до 55–60 мм (рис.3).

Во время заряжания шпуров перед размещением в шпур патрон реагента раздавливается, и начинающаяся расширяться ампула досылается до заряда ВВ. После окончания химической реакции ампула настолько плотно прижимается к стенкам шпура, что ее невозможно вытянуть из шпура. Такая внутренняя забойка надежно герметизирует заряд ВВ в шпурах любого направления и не требует дополнительной запирающей забойки из глины. Такая забойка не требует применения специальных парашютов для удержания заряда ВВ в нужном положении при заряжании восстающих шпуров. При ликвидации отказавших шпуровых зарядов ВВ ее легко можно извлечь из шпура, проткнув ампулы и выпустив воду из них.

Самоуплотнение ампул в шпуре увеличивает их сопротивление действию взрывных газов и это, в свою очередь, повышает безопасность и эффективность взрыва. Чем дальше продукты взрыва находятся в шпуре, тем больше совершается полезной работы по разрушению породного массива и лучше эффект взрыва.

Промышленное применение самоуплотняющейся гидрозабойки показали очень хорошие результаты, но из-за затрат средств на изготовление патронов реагента владельцы предприятий избрали более дешевую гидрозабойку, состоящую из двух водонаполненных ампул и запирающего глиняного пыжа длиной 10 см. Запирающая глиняная забойка размещается в устье шпура для перекрытия свободного пространства между ампулами и стенками шпурами – диаметр водонаполненной ампулы 37–38 мм, а диаметр шпура 42–43 мм. Но очень сложно выполнить герметизацию глиняным пыжом такого размера из-за трудности точного соблюдения влажности глиняного пыжа. При взрыве заряда ВВ высокотемпературные продукты взрыва с большой скоростью устремляются в свободное пространство между ампулами и стенками шпура и если влажность глиняного пыжа завышена, то они пробивают отверстие в пыже и выбрасываются в призабойную зону (рис. 4).

Такие остатки пыжа были обнаружены при расследовании аварий из-за которых были случаи взрывов пылегазовой атмосферы.

В том случае, если влажность глиняного пыжа занижена, то его сложно уплотнить в устье шпура и иногда происходило раздавливание ампулы, вытекание воды из шпура и неполноценное разрушение породного массива, а иногда и аварийные ситуации.

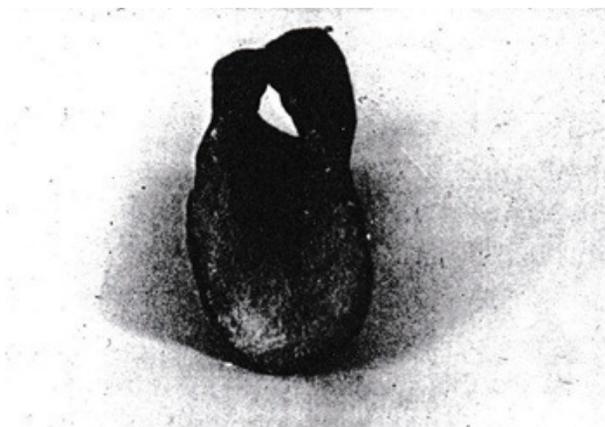


Рисунок 4. Остаток глиняного запирающего пыжа после взрыва заряда ВВ.
Figure 4. The rest of the clay locking wad after the charge explosion.

Как уже было сказано ранее, газообразные ПВ по радиальному зазору между стенками шпура и ампулами имеют свободный выход и могут вытолкнуть преждевременно запирающий глиняный пыж из устья шпура, внутренняя забойка при этом не выполнит своей роли. Сопротивление, оказываемое глиняной забойкой действию газообразных ПВ, согласно исследованиям Тейлора, можно определить по формуле:

$$R_{\Pi} = \frac{4LF}{d} \quad (2)$$

где R_{Π} – сопротивление, оказываемое пластичной забойкой выталкивающему действию продуктов детонации; L – длина забойки; F – коэффициент, учитывающий свойства забоечного материала (влажность, содержание песка и др.); d – диаметр водонаполненных ампул.

Экспериментальные исследования Тейлора показали, что песчано-глинистая забойка при влажности 7 % и длине 10 см оказывает сопро-

тивление порядка 40–45 кг/см². Естественно, что такого сопротивления недостаточно для прямого воздействия на запирающий глиняный пыж движущихся газообразных ПВ. Если же влажность глины будет более 7 %, то величина сопротивления будет значительно ниже.

С целью увеличения времени задержки гидрозабойки в шпуре нами было предложено разместить дополнительный глиняный пыж непосредственно после заряда ВВ перед гидроампулами. В этом случае механизм воздействия на гидрозабойку будет иным. Дополнительный глиняный пыж воспринимает первый удар продуктов детонации и начинает сжиматься, так как его движению будут препятствовать гидроампулы. Затем ударная волна через уплотненный глиняный пыж воздействует на гидроампулу и после ее разрушения создается участок распора за счет сжатия водяной массы и максимального давления на стенки шпура. Снижение давления будет более медленным, поскольку движению сжатого участка водяной массы будет препятствовать запирающий пыж в устье шпура.

В другом варианте гидрозабойки дополнительный запирающий пыж расположен между водонаполненными ампулами (рис. 5). В этом случае продукты детонации воздействуют на первую ампулу, за счет чего создается участок распора водяной массы, действующей на стенки шпура более продолжительное время, так как падению давления препятствует сжимаемый глиняный пыж, затем давление передается второй гидроампуле и образуется второй участок распора сжатой водяной массы. В данном варианте увеличивается время задержки забойки и на обоих участках усиливается действие расширяющихся продуктов взрыва на окружающий породный массив, что улучшает результаты взры-

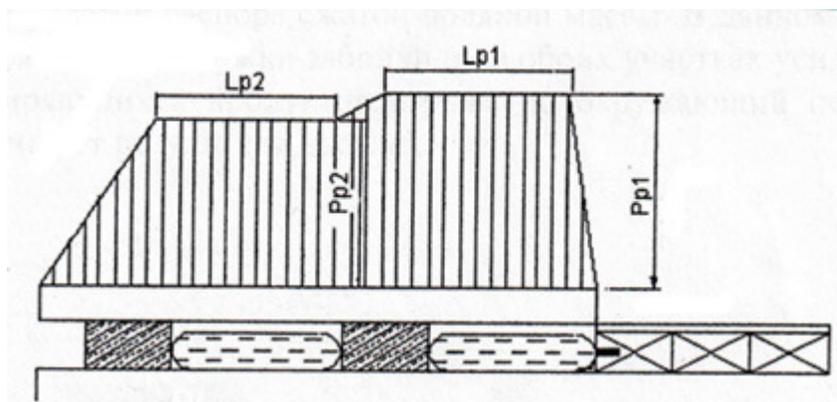


Рисунок 5. Гидрозабойка с двумя запирающими пыжами.
Figure 5. Hydraulic tamping with two locking wads.

ва.

Суммарное давление продуктов взрыва зависит от объема зарядной полости и может быть описаны адиабатой Гюгонио. В этом случае эта взаимосвязь выражается как

$$PV^h = \text{const} \quad (3)$$

Изменение давления и объема при сжатии и сдвигении забоечной массы во времени может быть выражено соотношением:

$$P_{\text{пв}} V_{\text{н}}^h = P(t) [V_{\text{н}} + \Delta V_{\text{н}}(t) + \Delta V_{\text{см}}(t)]^{h(t)} \quad (4)$$

где $P_{\text{пв}}$ – начальное давление продуктов взрыва шпуре; $V_{\text{н}}$ – начальный объем зарядной полости; h показатель адиабаты в начальный период после детонации; $\Delta V_{\text{н}}(t)$ – приращение объема зарядной полости во времени за счет ее расширения; $\Delta V_{\text{см}}(t)$ – приращение объема зарядной полости во времени за счет смещения забойки; $h(t)$ – изменяющийся во времени показатель адиабаты.

В данном случае формирование импульса давления в шпуре имеет очень сложный механизм. В упрощенном варианте его можно представить следующим образом – при детонации заряда ВВ возбуждается мощная ударная волна действует на стенки зарядной полости и за счет этого увеличивается ее первоначальный объем. В это же время расширяющиеся газообразные ПВ стремятся вытолкнуть забойку, при

движении которой объем полости также увеличивается, давление газообразных продуктов взрыва при этом снижается. В этом случае возникающее напряженное состояние в забойке будет определяться двумя параметрами давления: в направлении распространения ударной волны (P) по оси и в перпендикулярном направлении P_{τ} (на стенки шпура). Движение же забоечной массы определяется одной величиной – скоростью смещения (v) в направлении распространения продуктов детонации (ударной волны), поскольку в других направлениях смещения забойки отсутствуют и определять необходимо три величины:

$$P = P(t); P_{\tau} = P_{\tau}(t); v = v(t), \quad (5)$$

В данном случае определяющими являются импульсы нормального давления (J) и бокового давления (J_{κ}),

$$J = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt, \quad (6)$$

$$J_{\kappa} = \int_{t_1}^{t_2} P_{\tau}(t) dt. \quad (7)$$

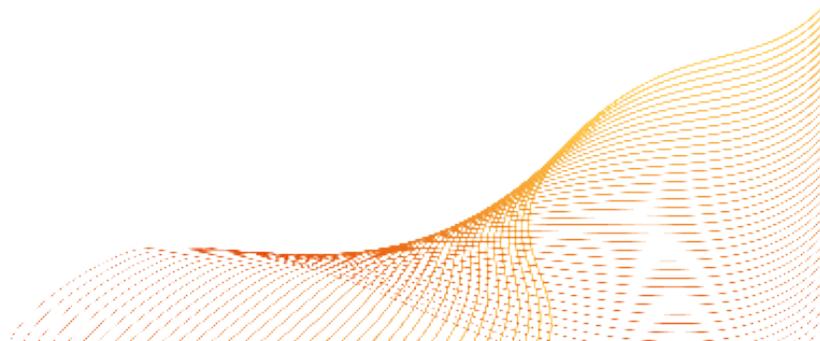
Суммарное воздействие импульсов давления предопределяет максимальное время задержки забойки в шпуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масаев, Ю. А. Исследование условий формирования зон трещинообразования в породном массиве при сооружении горных выработок с применением взрывных работ / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности: – Кемерово, ООО «ВостЭКО». № 1. 2020. – С. 17–21.
2. Масаев, Ю. А. О механизме взаимодействия взрыва зарядов взрывчатых веществ с породным массивом при сооружении горных выработок / Ю. А. Масаев, А. И. Копытов, В. Ю. Масаев, Н. В. Мильбергер // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности: – Кемерово, ООО «ВостЭКО». № 1. 2020. – С. 80–87.
3. А.С. № 209367, СССР, МПК E21C, C06c. Химический реагент для самоуплотняющейся забойки / Ю. А. Масаев, И. Н. Чернев, В. И. Бархатова : заявитель Восточный научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности, №894666/22-3, заявл.11.04.1964, опубл. 26.01.1968.
4. Патент № 122475, Российская Федерация, МПК F42D1/08(2006.01). Датчик задержки внутренней забойки в шпуре / Ю. А. Масаев, В. В. Першин, В. Ю. Масаев, А. А. Лебедев; заявитель и патентообладатель Кузбасс. гос. техн. ун-т №2012123070/03, заявл. 04.06.2012, опубл. 27.11.2012., Бюл. № 33.
5. Патент № 70572, Российская Федерация, МПК F42D1/08(2006.01). Забойка шпуров при ведении взрывных работ / Ю. А. Масаев, М. Д. Войтов, Н. В. Мильбергер; заявитель и патентообладатель Кузбасс. гос. техн. ун-т №200713641/22, заявл. 20.08.2007, опубл. 27.01.2008., Бюл. № 3.
6. Патент № 83129, Российская Федерация, МПК F42D1/08(2006.01). Гидрозабойка шпуров / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, Н. В. Мильбергер, О. В. Зиберт, В. А. Карасев; заявитель и патентообладатель Кузбасс. гос. техн. ун-т №2008149441/22, заявл. 15.12.2008, опубл. 20.05.2009., Бюл. № 14.
7. Патент № 116622, Российская Федерация, МПК F42D1/08(2006.01). комбинированная гидрозабойка шпуров / А. И. Копытов, В. В. Першин, Ю. А. Масаев; заявитель и патентообладатель Кузбасс. гос. техн. ун-т №2012100982/03, заявл. 11.01.2012, опубл. 27.05.2012., Бюл. № 15.

REFERENCES

1. Masaev, Yu.A., & Masaev, V.Yu. (2020). Rock mass cracking zone formation condition investigation during the construction of mine workings using blasting. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 1, 17-21 [in Russian].
2. Masaev, Yu.A., Kopytov, A.I., Masaev, V.Yu., & Milberger, N.V. (2020). On the mechanism of the charge explosion interaction with a rock mass during the construction of mine workings. Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Herald of Safety in Mining Industry Scientific Center, 1, 80-87 [in Russian].
3. Masaev, Yu.A., Chernev, I.N., & Barkhatova, V.I. (1964). A.S. № 209367, SSSR, Int.Cl. Ye21S, S06s. Chemical agent for self-compacting tamping. Applicant Eastern Research Institute for Safety in Mining, No. 894666/22-3, Appl. 04/11/1964, publ. 01/26/1968 [in Russian].
4. Pat.No. 122475, Russian Federation, Int.Cl. F42D1/08(2006.01). Retention sensor for internal tamping in the borehole. Masaev, Yu.A., Pershin, V.V., Masaev, V.Yu., & Lebedev, A.A.; Assignee Kuzbass State Technical University – Appl. No. 2012123070/03; Filed 04.06.2012 ; Pub.27.11.2012. Bulletin No. 33 [in Russian].
5. Pat.No. 70572, Russian Federation, Int.Cl. F42D1/08(2006.01). Tamping the borehole in blasting operations. Masaev, Yu.A., Voitov, M.D., & Milberger, N.V.; Assignee Kuzbass State Technical University – Appl. No. 200713641/22; Filed 20.08.2007 ; Pub.27.01.2008. Bulletin No. 3 [in Russian].
6. Pat.No. 83129, Russian Federation, Int.Cl. F42D1/08(2006.01). Borehole hydrolique tamping. Masaev, Yu.A., Milberger, N.V., Zibert, O.V., & Karasev, V.A; Assignee Kuzbass State Technical University – Appl. No. 2008149441/22; Filed 15.12.2008 ; Pub.20.05.2009. Bulletin No. 14 [in Russian].
7. Pat.No. 116622, Russian Federation, Int.Cl. F42D1/08(2006.01). Borehole combined hydrolique tamping. Kopytov, A.I., Pershin, V.V., & Masaev, Yu.A.; Assignee Kuzbass State Technical University – Appl. No. 2012100982/03; Filed 11.01.2012 ; Pub.27.05.2012. Bulletin No. 15 [in Russian].





П.П. Иванов//P.P. Ivanov
ipp7@yandex.ru

канд. тех. наук., доцент кафедры механики и автоматизации технологических систем Кемеровский государственный университет. Институт инженерных технологий г. Кемерово, бульвар Строителей, 47

candidate of technical sciences, associate professor, Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems Kemerovo State University Kemerovo, Stroiteley boulevard, 47



Л.А. Иванова//L.A. Ivanova
lyuda_ivan@mail.ru

канд. тех. наук., доцент кафедры техносферной безопасности Кемеровский государственный университет. Институт инженерных технологий г. Кемерово, бульвар Строителей, 47

candidate of technical sciences, associate professor of Technosphere Safety Department Kemerovo State University Kemerovo, Stroiteley boulevard, 47



И.М. Угарова //I.M. Ugarova
ugarova260304@mail.ru

аспирант кафедры «Техносферная безопасность» Кемеровский государственный университет. Институт инженерных технологий г. Кемерово, бульвар Строителей, 47

postgraduate student of the Department of Technospheric Safety, FGBOU VO "Kemerovo State University" Kemerovo, Russia, Kemerovo.



О.В. Салищева//
O.V. Salishcheva
salishchevaov@mail.ru

доктор хим. наук, заведующая кафедрой общей и неорганической химии Кемеровский государственный университет. Институт инженерных технологий г. Кемерово, бульвар Строителей, 47

Doctor of Chemical Sciences, General and Inorganic Chemistry Department Head Kemerovo State University Kemerovo, Stroiteley boulevard, 47



О.В. Беляева //
O.V. Belyaeva
belyaeva-ov.kemsu@yandex.ru

канд. тех. наук., доцент кафедры общей и неорганической химии Кемеровский государственный университет. Институт инженерных технологий г. Кемерово, бульвар Строителей, 47

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry Kemerovo State University Kemerovo, Stroiteley boulevard, 47

УДК 628.316

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

METHODS OF WASTEWATER PURIFICATION FROM NITROGEN COMPOUNDS AT COAL MINING ENTERPRISES

Очистка карьерных вод угольных разрезов является сложной задачей. Низкая температура стока и наличие в стоке количества трудноотделяемых компонентов, такие как нитраты и азот аммонийный создают серьезные проблемы при выборе технологической системы очистки. В работе выявлены причины и источники возникновения приоритетных загрязнителей сточных карьерных вод в угледобывающей промышленности на территории Кузбасса, которые несут отрицательный эффект для окружающей природной среды. Особенностью карьерных вод является повышенное содержание нитрит- и нитрат ионы, образующиеся при использовании взрывчатых веществ. Рассмотрена применяемая технология очистки сточных вод на угольном разрезе и обоснована ее эффективность. Показано, что главная проблема в сфере охраны водных ресурсов заключается в отсутствии адаптированных технологий глубокой очистки сточных вод применительно к конкретному предприятию. В процессе исследования, был проведен патентный поиск инновационных методов очистки, используемых в зарубежной практике. В работе проведен анализ технологических решений доочистки карьерных сточных вод от соединений азота. Рассмотрены их достоинства недостатки для решения поставленной задачи. Принимая во внимание весь спектр технологий, имеющихся в области обессоливания воды в условиях ограничений и усложняющих факторов для угледобывающих предприятий, ведущих открытую угледобычу приведен обоснованный выбор технологии доочистки сточных вод угольного предприятия и разработана технологическая схема,

включающая установку обратного - осмоса. Предложенный вариант очистки является наиболее эффективным из имеющихся технологий для решения поставленной задачи.

Cleaning the quarry waters of coal mines is a difficult task. The low temperature of the drain and the presence of a number of difficult-to-separate components in the drain, such as nitrates and ammonium nitrogen, create serious problems when choosing a technological purification system. The paper identifies the causes and sources of priority pollutants of quarry wastewater in the coal mining industry in the territory of Kuzbass, which have a negative effect on the environment. A feature of quarry waters is the increased content of nitrite and nitrate ions formed when using explosives. The applied technology of wastewater treatment at a coal mine is considered and its effectiveness is justified. It is shown that the main problem in the field of water resources protection is the lack of adapted technologies for deep wastewater treatment in relation to a specific enterprise. In the course of the research, a patent search was conducted for innovative cleaning methods used in foreign practice. The paper analyzes technological solutions for post-treatment of quarry wastewater from nitrogen compounds, their advantages and disadvantages for solving the task are considered. Taking into account the full range of technologies available in the field of water desalination under conditions of restrictions and complicating factors for coal mining enterprises conducting open-pit coal mining, a reasonable choice of technology for post-treatment of wastewater from a coal enterprise is given and a technological scheme including reverse osmosis installation is developed. The proposed cleaning option is the most effective of the available technologies for solving the task.

Ключевые слова: СТОЧНЫЕ ВОДЫ, УГОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ, НИТРАТ-ИОНЫ, ИОНЫ АММОНИЯ, НИТРИТ-ИОНЫ, ОЧИСТКА, СОРЕЦИОННАЯ ОЧИСТКА, ОБРАТНЫЙ ОСМОС, ИОННЫЙ ОБМЕН, АДСОРБЦИЯ.

Key words: WASTEWATER, OPENCAST COAL MINE, NITRATE IONS, AMMONIUM IONS, NITRITE IONS, PURIFICATION, SORPTION PURIFICATION, REVERSE OSMOSIS, ION EXCHANGE, ADSORPTION

Введение
Вода является ценнейшим природным ресурсом нашей планеты. Именно она обеспечивает протекание процессов метаболизма, которые выступают основой жизнедеятельности всех живых существ на Земле. Также вода имеет немаловажное значение как в промышленной, так и в сельскохозяйственной деятельности человека.

Потребление воды достаточно высокое, и оно ежегодно увеличивается. Годовой объем потребления воды на Земле по всем видам водоснабжения - 3300–3500 км³. Стоит отметить, что порядка 70% водоснабжения приходится на сельскохозяйственное производство. Отсюда основная задача сохранения экологического равновесия в окружающей среде при попадании в нее загрязненных сточных вод – своевременная их очистка.

Проблема загрязнения компонентов природной среды соединениями азота является весьма актуальной и в России, в том числе в Кемеровской области. Важнейшим транспортирующим агентом соединений азота являются поверхностные и подземные водные источники.

В настоящее время значение реки Томь и её притоков для Кемеровской области чрезвычайно велико: данные водные объекты являются

крупными поставщиками пресной воды для промышленных предприятий, а также для формирования системы питьевого водоснабжения различных населенных пунктов области. Качество воды реки Томь и ее притоков характеризуется как «слабо загрязненная» - класс качества 2, так и «очень загрязненная» - класс качества 3, в том числе превышение ПДК для вод рыбохозяйственного назначения составляет: по азоту аммонийному – 2,5 раза, азоту нитритному – 2,8 раза, в то же время условные фоновые концентрации данных химических веществ в водах реки Томь и ее притоках не превышают 0,5 ПДК. Учитывая отсутствие на территории области природных источников азотсодержащих соединений, указанные превышения можно объяснить только хозяйственной деятельностью человека [1].

Из данных мониторинга видно, что наибольшую антропогенную нагрузку по соединениям азота испытывают участки рек вблизи угледобывающих и сельскохозяйственных предприятий. Если превышение концентрации азота на сельскохозяйственных предприятиях объясняется необходимостью внесения в почву азотных удобрений и носит сезонный характер, то на угледобывающих предприятиях указанные превышения носят круглогодичный характер и

обусловлены проведением буровзрывных работ, особенно при добыче угля открытым способом.

Оборудование, используемое для комплектации очистных сооружений и фильтрующих дамб на угледобывающих предприятиях Кемеровской области, полностью соответствует списку технических средств, представленному в информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям (далее - ИТС НДТ) 37-2017 "Добыча и обогащение угля". Однако необходимо отметить, что предложенные технологии и их аппаратное оформление не всегда обеспечивают необходимую степень очистки поверхностных и подземных сточных вод [2]. Данное обстоятельство формирует предпосылки для продолжения научно-технических исследований, направленных на очистку и доочистку сточных вод угледобывающих предприятий от всей совокупности поллютантов в общем и азотсодержащих соединений в частности.

Источники загрязнения сточных вод угольных предприятий соединениями азота

Мониторинговые исследования содержания нитрит- и нитрат-ионов в сточных водах угледобывающих предприятий показали, что на большинстве предприятий выпуск сточных вод в поверхностные водоисточники содержит превышение ПДК по нитрат-ионам – в 3-4 раза, по нитрит-ионам в 7-10 раз [1].

Деятельность горных предприятий непосредственно связана с проведением взрывных работ. На сегодняшний день наиболее распространенными в горнодобывающей промышленности являются эмульсионные взрывчатые вещества на основе концентрированного раствора аммиачной селитры; гранулированные аммониты, аммоналы и некоторые другие вещества, которые содержат нитрат аммония. В процессе взрывания нитрат аммония переходит в сточные воды в форме водных растворов нитрат- и нитрит-ионов, а также ионов аммония [3].

Увеличение пороговой концентрации азотных соединений в водной экосистеме может приводить к отрицательным последствиям, в том числе к эвтрофикации. В результате данного процесса происходит нарушение экологического баланса водоемов, что сопровождается увеличением численности различных гидробионтов, уменьшением прозрачности воды и содержанием растворенного кислорода. Разграничивают первичную токсичность собственно нитрат-иона, затем вторичную, которая связана с образованием нитрит-иона, а также третичную, связанную с

образованием нитрозаминов. В водной экосистеме происходит преобразование азота нитратной формы в нитритную, которая негативно влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы при употреблении такой воды. Содержание аммиака в воде после фильтрации уменьшается с уменьшением ХПК, которое характеризует суммарное содержание органических примесей, способных подвергаться окислению.

Визуально определить наличие нитрат- и нитрит-ионов невозможно, однако точную концентрацию позволяет определить химический анализ.

Также рекомендуется проводить полный разбор состава проб воды в лаборатории и на основе полученных данных подбирать соответствующую технологию очистки. Используемые системы для очистки сточных вод угольной промышленности отличаются по выбранному методу, а также комплектации. Выбор технологии зависит от качества воды, ее свойств, особенностей использования и деятельности предприятия.

Методы очистки сточных вод от соединений азотной группы

Действующие очистные сооружения на предприятиях, занимающихся добычей угля открытым способом, соответствуют базовой очистке сточных вод, регламентируемых в НДТ № 15 ИТС-37 - 2017 "Добыча и обогащение угля". Справочник НДТ предполагает обязательное наличие следующих установок:

- шахтные водосборники, зумпфы предназначены для предварительного отстаивания воды;
- пруды-отстойники или иные устройства и сооружения служат для осветления воды.

При этом, если рассматривать комплексную очистку сточных вод предприятий на соответствие качеству сбрасываемых сточных вод, соответствующим нормативам рыбохозяйственного назначения (Приказ Минсельхоза России 552 от 13.12.2016), то применяемая система очистки недостаточна.

Для доочистки сточных вод от нитрат- и нитрит-ионов традиционно используются следующие способы:

1. Биологическая очистка.
2. Ионный обмен.
3. Обратный осмос.
4. Фильтрация через цеолитовую загрузку.

Все методы характеризуются способно-

стью доочистки азотсодержащих поллютантов. Однако у каждой из них есть свои особенности, преимущества и недостатки. Именно поэтому при выборе определенного метода следует уточнить как особенности обрабатываемых сточных вод, так и условия эксплуатации, например, концентрацию нитрат- и нитрит-ионов, химические свойства воды и требуемую производительность.

Биологическая очистка. Метод основан на культивировании микроорганизмов, которые в процессе своего метаболизма потребляют загрязняющие вещества из воды используемой в качестве места их обитания. Таким образом, из воды могут быть удалены следующие загрязнители: органические соединения, соединения азота и фосфора. Активный ил (биопленка) образуется на поверхности материала-наполнителя, который поглощает поллютанты в процессе своей жизнедеятельности [4].

Данная технология предполагает использование погружных элементов с развитой поверхностью, которые размещены на рамах в толще воды. Аэротэнки оснащены аэраторами и системой удаления избыточного ила с поверхности материала и из рабочего объема аппарата.

Оценивая применимость данного способа, следует обратить внимание на то, что в условиях Кемеровской области в зимний период карьерные сточные воды имеют температуру, понижающуюся до $+2^{\circ}\text{C}$, тогда как процесс денитрификации активным илом при температурах ниже $+10^{\circ}\text{C}$ практически отсутствует. Таким образом, скорость денитрификации при уменьшении температуры с $+15$ до $+6^{\circ}\text{C}$ падает в десятки раз, а при более низких температурах возможна полная его остановка. Подогрев промышленных объемов карьерных сточных вод до температуры $+10^{\circ}\text{C}$ потребует значительных энергозатрат. Следовательно, данный метод доочистки сточных вод угледобывающих предприятий в условиях Кемеровской области, да и всех северных территорий Российской Федерации, не способен обеспечить требуемое качество их очистки в холодный период года.

Ионный обмен. Нитратные и нитритные ионы удаляются из воды путем ионного обмена в колонковом фильтре, заполненном анионообменной смолой, например, Purolite A-520. Эта смола макропористого типа разработана специально для удаления нитратов/нитритов из воды в пищевой промышленности и питьевом водоснабжении. Пористая структура матрицы и специальные анион- и ионообменные группы

обеспечивают оптимальную селективность по нитратам/нитритам этой смолы. Это делает смолу пригодной для использования с нитратами/нитритами в контексте содержания в воде умеренно высокого уровня сульфатов.

Удаление нитратов из воды путем ионного обмена зависит от способности активных веществ. Ионный обмен основан на обмене нитрат-ионов на хлорид-ионы. Анионообменная смола Purolite A-520 восстанавливается путем ввода раствора хлорида натрия (поваренной соли) в концентрации 5-12%. Чтобы предотвратить отложение твердых солей в анионообменной смоле, рекомендуется устанавливать фильтр умягчитель. Его необходимо располагать перед фильтром от нитратов. Фильтр умягчитель содержит сильнокислотный катионит натриевой формы, что в свою очередь позволит удалять соли жесткости [4].

Технология ионного обмена очень эффективна. Модификации могут немного отличаться в зависимости от модели устройства и типа используемой смолы.

Помимо удаления нитрат- и нитрит – ионов используемые ионные смолы также могут умягчать обрабатываемую воду, удаляя ионы солей, определяющие её жесткость. Ионная нагрузка имеет свой собственный резервный потенциал, то есть определенное количество раз, когда он полноценно насыщается натрием при регенерации. В случае его истощения ионную смолу заменяют на новую.

Существенным недостатком применения метода ионного обмена является необходимость восстановления ионообменных смол (анионитов). Восстановление осуществляется с использованием соляной кислоты и щелочи. В результате чего возникает практически неразрешимая проблема утилизации концентрированных регенерационных растворов.

Обратный осмос. Процесс обратного осмоса направлен на удаление из воды нитрат- и нитрит-ионов, которые не проходят через полупроницаемую мембрану. Получаемую очищенную воду направляют потребителю, а образующийся концентрат отводится в дренаж. При выборе установки обратного осмоса следует учесть, что селективность обратноосмотических мембран по одновалентным нитрат-ионам даже ниже, чем по ионам-натрия и составляет 90-95% [3].

Полупроницаемая мембрана является основным фильтрующим элементом системы. Внешне она покрыта специальным материалом,

состоящим из ячеек (пор) заданного размера. На выходе из установки мы получаем совершенно чистую воду без каких-либо добавок. Но для успешной работы мембраны требуются определенные свойства очищаемой воды, а также бережное отношение к ней во время эксплуатации. Не стоит забывать, что мембрану периодически необходимо промывать от скопившихся загрязнений. С этой целью поток воды пускают в обратном направлении, в результате чего все примеси вымываются под напором промывной воды (Рис.1). Промывка производится либо после обработки определенного объема очищаемых сточных вод, либо через определенное время. Следует отметить, что мембранные установки в зависимости от размера пор используемой мембраны способны, кроме нитратов/нитритов, задерживать и соли кальция, магния, железа и других загрязнителей. Метод абсолютно безопасен, так как не использует никаких химических веществ. Это означает, что таким образом можно дочищать питьевую воду. Из недостатков следует отметить высокую стоимость оборудования, низкую производительность, а также наличие эффекта концентрационной поляризации, который выражается в образовании значительного градиента концентраций в непосредственной близости от места разделения, что со временем приводит к ухудшению селективности и проницаемости мембраны.

Цеолитовая загрузка – метод, позволяющий избавиться от нитрат- и нитрит-ионов. Цеолит – это искусственный или природный адсорбент, который имеет пористую структуру. Структура частиц представляет собой кристал-

лическую решетку, между которой расположены положительно заряженные ионы щелочных веществ [6]. Натрий или кальций, а также магний или стронций используются в качестве элементов пористой структуры. С помощью кристаллической решетки цеолиты могут самостоятельно проводить через себя другие элементы или поглощать их. Другими словами, эта базовая структура для молекул, представляющая собой своего рода сито. Принцип действия аналогичен ионозамещению. В дополнение к удалению нитратов/нитритов данный метод является эффективным при очистке сточных вод, содержащих любые тяжелые металлы.

Природные цеолиты чаще используются для фильтрации скважинной воды, позволяющие очистить ее от любых вредных примесей. Промывка цеолитовой загрузки осуществляется за счет обратного потока воды или восполнения с помощью солевого концентрата. Согласно литературным данным этот метод позволяет удалять до 93% нитратов и до 100% нитритов.

Данный метод также имеет и ряд недостатков. Выбирая тип цеолита, необходимо точно знать диаметр удаляемых примесей, так как структурная решетка имеет полости, которые способны удерживать молекулы только одного или двух типов. Например, структурная решетка при удалении нитратов не сможет противостоять солям жесткости, потому что размер примесей различен, как и их пространственная форма. Кроме того, цеолиты предъявляют высокие требования к свойствам воды, в частности необходимо обязательно поддерживать определенный кислотно-щелочной баланс. Поэтому рассматри-

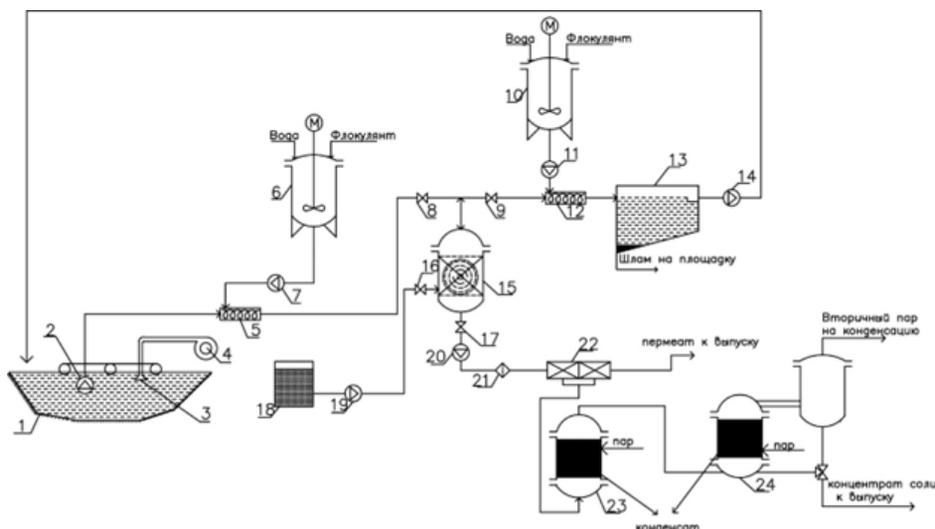


Рисунок 1. Технологическая схема очистки карьерных сточных вод с использованием обратного осмоса
Figure 1. Technological scheme of quarry wastewater treatment using reverse osmosis

ваемый метод часто используют как дополнение к другим методам очистки.

Зарубежный опыт очистки карьерных сточных вод от нитрат- и нитрит ионов

Литературно-патентный обзор по материалам зарубежной практики очистки карьерных сточных вод угледобывающих предприятий показал, что наиболее эффективно с удалением вредных ионов из сточных вод справляется тонкая физико-химическая очистка. Самыми распространёнными являются мембранные методы и методы ионного обмена. К числу прочих технологий были отнесены иные методы тонкой очистки воды, характеризующиеся применением, например, концентрации растворов солей, кристаллизации солей и их последующей фильтрацией.

Различные технологии отличаются не только самим механизмом очистки, но и применяемым оборудованием.

Патентный поиск позволил выявить следующие инновационные методы очистки сточных вод от нитрат- и нитрит-ионов:

Система для удаления нитратов из воды включает в себя процесс, состоящий из этапа пропускания поступающей воды, загрязненной нитратами, через нанофильтрационную мембрану. [7]

Technion research & development foundation (IL) получили патент на изобретение, относящееся к способу селективного удаления нитратов из грунтовых вод с использованием гибридной системы фильтрации нанофильтрацией (NF) - обратным осмосом (RO). В результате процесса получается вода с низким содержанием нитратов, которую можно использовать для питьевого водоснабжения, орошения и других целей, а так-

же сточные воды с относительно низкой минерализацией, которые можно безопасно сбрасывать в канализационные системы и перерабатывать для орошения [8].

Группа китайских ученых предлагает способ [9] синхронного удаления тяжелых металлов и нитратов из шахтных сточных вод. Способ включает следующие стадии: обогащение и подготовка осадка, приготовление биологического агента, приготовление двухслойного железоуглеродистого наполнителя, формирование биопленки и биосинтез в анаэробных условиях. В качестве катализатора используется двухслойный железоуглеродистый наполнитель, нитраты удаляются под действием микроорганизмов.

Рекомендуемая технология очистки сточных вод угледобывающих предприятий

Принимая во внимание весь спектр технологий, имеющихся в области доочистки сточных вод угледобывающих предприятий от соединений азота в условиях выше описанных ограничений и усложняющих факторов, можно рекомендовать технологию доочистки карьерных сточных вод на установках обратного осмоса с предварительной подготовкой воды (реагентная обработка и фильтрация), в результате чего будут гарантированно достигнуты все требования к очищенной воде в соответствии с существующим НДС.

Согласно предлагаемой технологической схемы (рис. 1) отбор воды на доочистку из пруда-отстойника 1 производится посредством плавучей насосной станции 2. На платформе насосной станции установлена также система погружных турбинных аэраторов 3, предназначенная для компенсации дефицита растворенного кислорода в период ледостава и при высо-

Таблица 1. Показатели качества исходной и очищенной воды у
Table 1. Quality indicators of the initial and purified water

Показатель	ПДК рыб-хоз	Качество воды после очистки воды по технологии НДТ № 15 ИТС-37 - 2017	Качество очищенной воды по предложенной схеме
Взвешенные вещества, мг/дм ³	10	20	< 1
Аммоний ион, мг/дм ³	0,5	1,2	< 0,5
Нитрит-ион, мг/дм ³	0,08	0,39	< 0,08
Нитрат-ион, мг/дм ³	40	70	< 40
Хлорид-ион, мг/дм ³	300	32	< 20
Сульфат ион, мг/дм ³	100	251	< 50

ких температурах наружного воздуха в летний период, воздух нагнетается в турбинный аэрактор с помощью вентилятора высокого давления 4. Далее по схеме с помощью насоса-дозатора в смеситель 5 дозируется рабочий раствор флокулянта от реагентной установки 6, после чего вода через клапан 8 поступает на осветление в фильтры с зернистой загрузкой 15.

Доочистка воды от микро-взвеси обеспечивается блоком патронных фильтров 21 (5 мкм), куда вода дозируется с помощью насоса 20. Осветленная вода поступает на трехступенчатую установку обратного осмоса 22. Пермеат обратного осмоса направляется на 4-х ступенчатую выпарную установку 24 с узлом сушки 23. Смесь с влажностью 60% подлежит вывозу, а конденсат выпарной установки подмешивается к потоку пермеата. Пермеат поступает в приемный резервуар насосной станции выпуска.

Промывка осветлительных фильтров осуществляется ранее очищенной водой из резервуара промывной воды 18, с помощью насосной установки 19.

Промывные воды осветлительных фильтров обрабатываются флокулянтами 2 (динамический смеситель 12, реагентная установка 10) и поступают на осветление в блок отстойников 13. Осветленные промывные воды при помощи насосной станции 14 возвращаются в существующий пруд-отстойник. Шлам из отстойников поступает на шламовые площадки. По мере заполнения шламовых площадок они очищаются спецтехникой, осадок вывозится для захоронения на имеющиеся на территории карьера отвалы горных пород.

Предлагаемая технологическая схема обеспечивает доочистку сточных вод до нормативов НДС, что достигается путем использования технологий, получивших широкое распространение в практике очистки сточных вод.

Таким образом, предложенная схема предполагает два этапа обработки сточных вод: предварительная очистка - классическая технология реагентной обработки воды (флокулянт), фильтрования на осветлительных фильтрах и патронных фильтрах делает возможным подачу воды на установку обратного осмоса; очистка на установке обратного осмоса представляет собой наиболее простой и эффективный метод обессоливания сточных вод, включающий их доочистку от растворенных ионов. Данный метод отличается простотой технологии и отсутствием больших количеств солевых регенерационных растворов (в отличие от технологии ионного обмена), зна-

чительно более низкой (в 2-3 раза) энергоемкостью, получением концентрата раствора полиантов, предполагающего минимальные затраты на его безопасное захоронение.

Ожидаемые показатели качества очищенной воды по предложенной технологической схеме показаны в таблице 1.

Заключение

В заключение следует отметить, что в настоящее время тонкая физико-химическая очистка более эффективна по отношению к приоритетным загрязнителям сточных вод. Наиболее распространёнными методами являются мембранные методы и методы ионного обмена. Метод ионного обмена основан на наличии разности химических потенциалов обменивающихся ионов. Ионы из воды замещаются ионами из синтетических ионообменных смол (ионитов), которые представляют из себя практически нерастворимые в воде полимерные соединения. Мембранные методы очистки используют барьеры – мембраны, которые позволяют проходить через них лишь определенным молекулам и ионам, что обеспечивает наиболее качественную очистку. К числу прочих технологий были отнесены иные методы тонкой очистки воды, характеризующиеся применением, например, концентрации растворов солей, кристаллизации солей и их последующей фильтрацией.

Таким образом, область технологий полного цикла очистки карьерных и поверхностных сточных вод для предприятий по добыче угля открытым способом сохраняет актуальность и продолжает развиваться. При выборе направления НИОКР в данной области следует учитывать активность зарубежных разработчиков, в частности из Китая, а также смещение технологической направленности разработок в сторону многоступенчатых методов очистки сточных вод.

Работа выполнена в рамках КНТП полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в области разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» распоряжение правительства от 11.05.2022, N1144-р, № соглашения 075-15-2022-1201

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

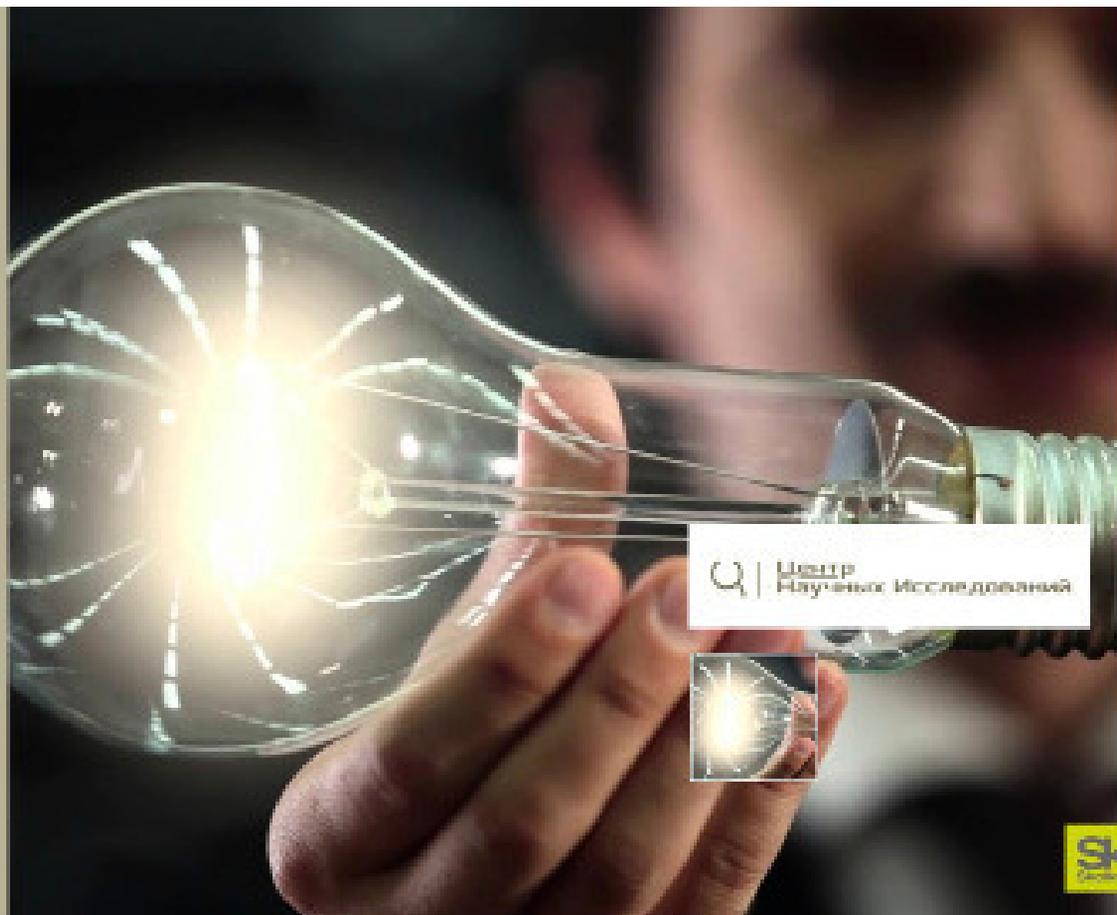
1. Доклад «О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2021 году» [Электронный ресурс] // URL: http://kuzbasseco.ru/wp-content/uploads/2022/08/doklad_2021.pdf (Дата обращения: 30.05.2023).
2. Оценка эффективности очистки сточных вод угледобывающего предприятия и ее влияние на загрязнение малых рек / Л. А. Иванова, Н. С. Голубева, И. В. Тимошук [и др.] // Экология и промышленность России. – 2023. – Т. 27, № 1. – С. 60-65.
3. Приоритетные загрязнители сточных карьерных вод в угледобывающей промышленности способы их очистки / Л. А. Иванова, О. В. Салищева, И. В. Тимошук [и др.] // Кокс и химия. – 2023. – № 4. – С. 44-50.
4. Гуляева, В. И. Методы очистки природной воды от нитратов / В. И. Гуляева // Аллея науки. – 2020. – Т. 1. – № 6(45). – С. 350-354.
5. Гавриленко, А. В. Комплексная очистка сточных вод от нитратов / А. В. Гавриленко, А. А. Степачева, В. П. Молчанов, М. Г. Сульман // Бюллетень науки и практики. – 2016. – № 10(11). – С. 42-46.
6. Каратаев, О. Р. Очистка сточных вод цеолитсодержащими породами / О. Р. Каратаев, В. Ф. Новиков, З. Р. Шамсутдинова // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 15. – С. 169-174.
7. System for removal of nitrate and chrome from water. WEGNER PAUL CHARLES (US).– № 2019US-16663813, приоритет 2018-10-26, дата публикации 2021-07-20. URL:– <https://patents.google.com/patent/US11066317B1/en>
8. Removal of nitrates from groundwater TECHNION RESEARCH & DEVELOPMENT FOUNDATION (IL) № 2015IL-0238644,приоритет 2015-05-05, дата публикации 2018-10-24.
9. Method for synchronously removing heavy metals and nitrates in mine wastewater and reactor. XI AN UNIVERSITY OF ARCHITECTURE & TECHNOLOGY (CN). – № 2020CN-1487507, приоритет 2020-12-16, дата публикации 2022-08-02 – URL:<https://patents.google.com/patent/CN1487507A/en?q=2020CN-1487507>

REFERENCES

1. On the state and environmental protection of the Kemerovo region - Kuzbass in 2021]. Retrieved from: http://kuzbasseco.ru/wp-content/uploads/2022/08/doklad_2021.pdf [in Russian].
2. Evaluation of a coal mining enterprise wastewater treatment efficiency and its impact on the pollution of small rivers. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii - Ecology and industry of Russia*, v. 27, 1, 60-65 [in Russian].
3. Priority pollutants of quarry wastewater in the coal mining industry, methods of their treatment. *Koks i khimiya – Coke and Chemistry*, 4, 44-50 [in Russian].
4. Methods of natural water purification from nitrates]. *Alleya nauk - Alley of Science*, V. 1, 6(45), 350-354 [in Russian].
5. Integrated wastewater treatment from nitrates. *Byulleten' nauki i praktiki - Bulletin of science and practice*, 10(11), 42-46 [in Russian].
6. Wastewater treatment with zeolite-containing rocks. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta - Bulletin of Kazan Technological University*, V. 17, 15, 169-174 [in Russian].
7. System for removal of nitrate and chrome from water. WEGNER PAUL CHARLES (US).– № 2019US-16663813. Retrieved from:<https://patents.google.com/patent/US11066317B1/en> [in English].
8. Removal of nitrates from groundwater TECHNION RESEARCH & DEVELOPMENT FOUNDATION (IL) № 2015IL-0238644 [in English].
9. Method for synchronously removing heavy metals and nitrates in mine wastewater and reactor. XI AN UNIVERSITY OF ARCHITECTURE & TECHNOLOGY (CN). № 2020CN-1487507. Retrieved from: <https://patents.google.com/patent/CN1487507A/en?q=2020CN-1487507> [in English].

Центр коммерциализации научных разработок и технических решений

ГК «ВЭГЦ»
 НАО «НЦ ПБ»
 ООО «ЦНИ»
 Резидент Сколково



НАУЧНО-ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР

Разработка и внедрение инновационных решений для предприятий - полный цикл разработки продукта, внедрение результатов научно-исследовательских работ в существующие продукты, оценка собственных компетенций предприятий на содержание отдела R&D



Научные исследования

Исследования рынков и диверсификация



Разработка новых продуктов и технологий

Модернизация и проектирование новых производств



Разработка нестандартных технологий и оборудования

Оптимизация технологических и производственных процессов



Промышленный дизайн и разработка приборов по схеме по-патенту

Организация опытного производства, оформление КД, прототипирование



РЕТРАКЦИЯ RETRACTION

На основании протокола №1 от 02.08.2023 Редакционной коллегии научно-технического журнала «Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности» принято решение об отзыве статьи, опубликованной в «Вестнике научного центра по безопасности работ в угольной промышленности» в №1 в 2011 году на основании поступившей в редакцию информации об обнаружении дублирующих статей.

Члены Редакционной коллегии журнала по вопросу повестки дня голосовали единогласно и решили:

1. Признать, что статьи, опубликованные в двух разных изданиях в разные годы, а именно:

Хорошилова Л. С., Хорошилов А. В. Проблемы антропогенной экологической опасности и их решение. Вестник Кемеровского государственного университета. 2009. № 4. С. 107–110. <https://elibrary.ru/item.asp?id=13979321>

Попов А. А., Хорошилова Л. С. Влияние негативных факторов на экосистему Кузбасса. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2011. № 1. С. 162–169. <https://elibrary.ru/item.asp?id=16359682>

действительно являются дублирующими, что является нарушением публикационной этики. Авторы данных публикаций не ведут публикационной активности, контакты их утрачены, соответственно уведомить их согласно правилам ретрагирования статьи от публикации не представляется возможным.

В соответствии с вышеизложенным Редакционная коллегия принимает решение об отзыве статьи в одностороннем порядке.

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.

Редакция журнала оставляет за собой право отбора поступивших рекламных материалов.

ТРЕБОВАНИЯ, УСЛОВИЯ И ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ В ЖУРНАЛ «Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности»

1. 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. 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, вещества, материалы и изделий.

2. В связи с требованием Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Министерства образования и науки Российской Федерации (информационное сообщение от 14 октября 2008 № 45.1-132) о необходимости размещения журналов, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов ВАК, в открытом доступе в сети Интернет (в базе данных Российской универсальной научной электронной библиотеки) и наполнения базы данных Российского индекса научного цитирования и других баз данных научного цитирования статья должна содержать: индекс по универсальной десятичной классификации (УДК); имя, отчество (полностью) и фамилию автора (авторов), место работы и занимаемую должность; ученую степень или звание; название; аннотацию; ключевые слова; текст статьи; список литературы; иллюстрации и подрисовочные подписи; фотографии авторов (TIFF, JPG); контактную информацию (адрес электронной почты; телефон).

3. Статья, присылаемая в редакцию, должна иметь сопроводительное письмо от организации, в которой работают авторы (или хотя бы первый автор).

4. Объем статьи (включая иллюстрации, таблицы и список литературы) не должен превы-

шать 12 страниц машинописного текста. Текст статьи должен быть напечатан через 1,5 интервала в редакторе WinWord (шрифт Times New Roman, кегль 12) на одной стороне стандартного листа формата А4.

5. Статья, подписанная автором (авторами), должна быть представлена в электронном (файл WinWord) и в распечатанном виде. Также возможно предоставлять статью на электронном носителе.

6. Материал статьи должен быть изложен кратко, с пояснениями данных таблиц и рисунков в тексте; на литературу, таблицы и рисунки следует давать ссылки в тексте. Статья должна быть четко структурирована: введение (обзор проблем, цель работы); теория вопроса; подробное изложение методики проведения опытов, описание материалов и методов анализа, желательна статистическая обработка; обсуждение результатов; заключение. Для статей производственного характера достаточно сделать разделы «Цель работы» и «Полученные результаты». Содержание статьи должно соответствовать тематике журнала, направленной на решение проблем промышленной безопасности опасных производственных объектов.

7. Авторами являются лица (как правило, не более четырех), принимавшие участие во всей работе или в ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в ссылке на первой странице статьи или в примечании в конце статьи. По каждому из авторов должны быть приложены на русском и английском языках подробные сведения (место работы, должность, ученая степень, ученое звание, e-mail, телефон, почтовый адрес, указан автор, являющийся контактным лицом).

8. Статья должна в обязательном порядке иметь реферат, ключевые слова и список литературы.

9. Реферат к статье (в соответствии с требованиями международных баз данных) должен достаточно полно раскрывать ее содержание (но не быть калькой с русскоязычной аннотации), иметь объем в среднем 1800–2000 символов. Реферат должен быть переведен на английский язык.

10. Ключевые слова должны содержать в среднем не менее 7–10 наименований и также должны быть переведены на английский язык.

11. Список литературы статьи (в соответствии с требованиями международных баз данных) должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 7.0.5—2008 и иметь не менее 12 источников (из них не более 3 ссылок на собственные работы) с обязательным включением как минимум 5 источ-

ников позднее 2010 г. и не менее 4 ссылок на зарубежные исследования последних лет.

12. Единицы измерения величин должны соответствовать Международной системе единиц (СИ), а используемые в статье термины, определения и условные обозначения — действующим ГОСТам.

13. Список литературы должен содержать следующие сведения: при ссылке на журнальную статью — фамилию и инициалы автора, название статьи, полное название журнала, год издания, том, номер, страницы начала и конца статьи; при ссылке на книгу — фамилию и инициалы автора, название произведения, место издания, издательство (для иностранного источника достаточно указать город), год издания, общее число страниц в книге; при ссылке на статью в сборнике — фамилию и инициалы автора, название статьи, название сборника, номер выпуска или тома, место издания, издательство (или издающая организация), страницы начала и конца статьи; для интернет-ссылок — название ресурса и публикации, режим доступа.

14. Номер литературной ссылки дается в квадратных скобках в соответствующем месте текста в порядке возрастания.

15. При составлении списков литературы авторам рекомендуется использовать надежные верифицируемые источники и избегать ссылок на публичные ресурсы, информация из которых не может иметь авторитетного подтверждения (например, «Википедия»).

16. Перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст статьи на предмет отсутствия возможных заимствований из других публикаций с помощью специальной программы (например, Антиплагиат).

17. Формулы должны быть набраны в редакторе формул. После формулы следует пояснить входящие в нее параметры в последовательности их упоминания с указанием единиц измерения.

18. Рисунки также представляются отдельными файлами (не вставлены в WinWord): тоновые — в растровом формате (TIF, JPG, разрешение не ниже 300 dpi), графический материал — в векторном формате (WMF, EPS и т.д.) или файлами с расширением, соответствующим графическим редакторам, в которых они выполнены. Рисунки должны быть четкими, пригодными для компьютерного воспроизведения. Не следует перегружать их второстепенными данными, не имеющими прямого отношения к тексту статьи. Цветные фотографии желательно сопровождать подписями.

19. С авторов научно-технических статей, включая аспирантов, за публикацию их рукописей плата не взимается. Вознаграждение авторам не выплачивается. Электронная версия опубликованной статьи высылается каждому автору на его электронную почту.

20. Статьи рецензируются. Отрицательные рецензии доводятся до сведения авторов.

21. Материалы, представленные в редакцию, авторам не возвращаются.

22. Автор, коллектив авторов присылаемой статьи гарантируют, что данная статья не была ранее опубликована и не находится на рассмотрении в редакции других журналов.

23. Обращаем внимание авторов, что с 2017 г. для статей, публикуемых в журнале, в соответствии с требованиями международных баз данных издатель закупает и присваивает уникальные идентификационные номера DOI (digital object identifier). Подробную информацию о порядке присвоения DOI можно уточнить в редакции.

24. Расширенные требования к авторам, оформлению статей, условия рецензирования, этические основы редакционной политики представлены на сайте журнала https://ind-saf.ru/triebovaniia_i_rietsienzirovaniia_statiei.

Обращаем ваше внимание, что представление оригинальной статьи к публикации в НТЖ означает согласие авторов на передачу права на воспроизведение, распространение и доведение произведения до всеобщего сведения любым способом.

Редколлегия

СЛОВО РЕДАКТОРА // EDITORIAL

5 Трубицына Н. Технологический суверенитет и философия безопасности
Trubitsyna N. Technological sovereignty and security philosophy

АКТУАЛЬНО // IMPORTANT

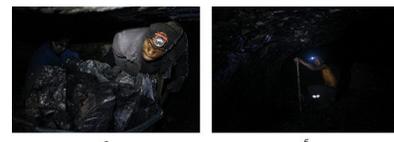
6 Ворошилова Е.С., Ворошилов Я.С., Седельников Г.Е., Фомин А.И., Ли А.А. Управление безопасностью поведения работников
Voroshilova E.S., Voroshilov Ya.S., Sedelnikov G.Ye., Fomin A.I., Lee A.A. Employee Behavior Safety Management

13 Бакатина Н.С., Лифшиц И.М., Шаталова А.В. Уголовная ответственность за нарушение требований промышленной безопасности опасных производственных объектов: расширение круга ответственных лиц
Bakatina N.S., Lifshits I.M., Shatalova A.V. Criminal Liability for Violation of Industrial Safety Requirements at Hazardous Production Facilities: Expanding the Circle of Responsible Persons

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

22 Угарова И.М., Просин М.В., Ушакова А.С., Анисимова Ю.С. Философское осмысление теоретико-множественных представлений на примере истоков зарождения пожарной безопасности
Ugarova I. M., Prosin M.V., Ushakova A.S., Anisimova Yu.S. Philosophical understanding of set-theoretic concepts on the example of the origins of the origin of fire safety

29 А.К. Кирсанов Кустарная добыча угля в Африканском регионе: история развития и оценка безопасности работ
Kirsanov A.K. Artisanal Coal Mining in the African Region: History and Safety Assessment

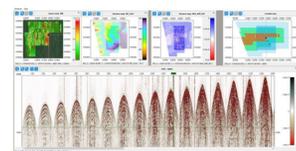


34 Фомин А.И., Грунскоой Т.В. Изучение причин формирования нагревающего микроклимата в уклонных блоках Ярегских нефтешахт
Fomin A.I., Grunskoy T.V. Studying the reasons for the formation of a heating microclimate in sloped blocks of the yarega oil mines

42 Борздова А.В. Совершенствование методов аттестации и проверки знаний в области охраны труда
Borzdova A.V. Improvement of methods of certification and verification of knowledge in the field of labor protection

48 Фомин А.И., Бесперстов Д.А., Угарова И.М., Казанцев В.Г., Зыков В.С. Методологические принципы оценки и обеспечения пожаробезопасности людей
Fomin A.I., Besperstov D.A., Ugarova I.M., Kazantsev V.G., Zykov V.S. Methodological principles of assessing and ensuring fire safety of people

55 Дягилева А.В., Пылов П.А. Интерпретируемые модели машинного обучения для обеспечения технологической безопасности горных работ
Dyagileva A.V., Pylov P.A. Interpretable machine learning models to provide technological safety in mining



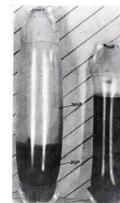
III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ // TECHNOLOGICAL QUESTIONS OF MINING WORK SAFETY

60 Герике П.Б., Герике Б.Л. Краткосрочное прогнозирование расцентровки валов динамического оборудования горных машин

Gericke P.B., Gericke B.L. Short-term prediction of shaft misalignment on mining machinery equipment

67 Масаев Ю.А., Масаев В.Ю. Анализ существующих методов расчета комбинированных крепей горных выработок

Masaev Yu.A., Masaev V.Yu. Analysis of mining working combined support existing calculation methods



74 Подображин С.Н., В.С. Забурдяев. Исследование параметров гидроимпульсных установок с применением баллиститного топлива и скважинного газогенератора

Podobrazhin S.N., V.S. Ziburdyayev Hydro-pulsed installation parameters research using ballistite fuel and downhole gas generator

84 Масаев Ю.А., Масаев В.Ю. Взаимодействие взрыва заряда ВВ с разрушаемым породным массивом и внутренней забойкой

Masaev Yu.A., Masaev V.Yu. Charge explosion interaction with the rock mass to be destroyed and with the internal tamping

93 Иванов П.П., Иванова Л.А., Угарова И.М., Салищева О.В., Беляева О.В. Методы очистки сточных вод от соединений азота на угледобывающих предприятиях

Ivanov P.P., Ivanova L.A., Ugarova I.M., Salishcheva O.V., Belyaeva O.V. Methods of wastewater purification from nitrogen compounds at coal mining enterprises

102 РЕТРАКЦИЯ // RETRACTION

103 ТРЕБОВАНИЯ К РЕКЛАМНЫМ МАТЕРИАЛАМ // ADVERTISING MATERIALS REQUIREMENTS

104 ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ // DEMANDS TO ARTICLES

106 СОДЕРЖАНИЕ // CONTENT

Подписано в печать 29.09.2023. Тираж 1000 экз. Формат 60x90 1/8.
Выпуск 3-2023, дата выхода в свет 29.09.2023
Объем 10 п. л. Заказ № 2 2022 г. Цена свободная.
Типография «Арт Черри».
630015, Россия, г. Новосибирск, ул. Комбинатская, 3А
Тел. 8 (3842) 657889.