



Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный
университет»

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

*Труды VIII Международной
научно-практической конференции*

9 апреля 2026 г.

**Екатеринбург
2026**

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Труды VIII Международной научно-практической конференции
9 апреля 2026., г. Екатеринбург
В рамках XXIV Уральской горно-промышленной декады

Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук, профессор В. А. Елохин

Екатеринбург
2026

УДК 622 : 614.8
ББК 68.9
Б 40

Печатается по решению Учебно-методического совета
Уральского государственного горного университета

Безопасность технологических процессов и производств: Труды

**Б 40 VIII Международной научно-практической конференции. 9 апреля 2026 г.,
г. Екатеринбург / отв. редактор В. А. Елохин; Урал. гос. горный ун-т. –
Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2026. – 100 с.**

В сборнике трудов представлены результаты авторских исследований, охватывающие различные аспекты безопасности технологических процессов и производств, а также работы, касающиеся мониторинга состояния недр.

Публикуемые материалы могут представлять интерес для студентов, аспирантов, профессорско-преподавательского состава вузов, реализующих программы высшего образования по направлению «Техносферная безопасность», а также для специалистов науки и производства.

УДК 622 : 614.8
ББК 68.9

© Уральский государственный
горный университет, 2026
© Авторы, постатейно, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ахматнуров Д.Р., Демин В.Ф., Замалиев Н.М., Демина Т.В.</i> Обоснование параметров крепления для поддержания выработок впереди лавы в условиях угольных шахт	5
<i>Ахматнуров Д.Р., Демин В.Ф., Мусин Р.А., Демина Т.В.</i> Мониторинг геомеханических условий поддержания присечных горных выработок.	14
<i>Гребенкин С.М., Кузнецов А.М., Пуриков Д.Е.</i> Актуальные трансформации системы обучения по охране труда в Российской Федерации: анализ проекта изменений постановления правительства № 2464	21
<i>Демин В.Ф., Демина Т.В., Кочнева Л.В., Тетерев Н.А</i> Технология применения податливых анкеров при смешанном креплении в эксплуатационных выработках.	27
<i>Кузнецов А.М., Пуриков Д.Е.</i> Искусственный интеллект в системе обеспечения безопасности труда: от предиктивной аналитики к этико-правовым вызовам.	36
<i>Лонский О. В., Сидоров В.А.</i> Модернизация ленточных конвейеров в шахте по результатам расследования аварий и несчастных случаев на производстве	44
<i>Лотфуллин А.К., Елохин В. А.</i> Причины возникновения горных ударов на шахтах АО «СУБР»	51
<i>Макаров В. Н., Нурхожаев Е. С., Попов С. А., Ахметов Р. Г., Потапов В. Я.</i> Методика оценки качества пылеулавливания для определения уровня экологичной эффективности тепломассообменного оборудования.	63
<i>Округин П.Е., Елохин В.А.</i> Системы пожаротушения для горного транспорта (БелАЗ 7530g) в ООО «Удоканская медь»	73
<i>Пуриков Д.Е., Кузнецов А.М</i> Совершенствование процедуры профессионального отбора персонала для работ с повышенной опасностью.	91

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЫРАБОТОК ВПЕРЕДИ ЛАВЫ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

АХМАТНУРОВ Д.Р.¹, ДЕМИН В.Ф.¹, ЗАМАЛИЕВ Н.М.¹, ДЕМИНА Т.В.²

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. На больших глубинах разработки пластов в Карагандинском бассейне кратность перекрепления выемочных выработок достигает величины 2, 3 и даже 4. В целом, расходы на поддержание увеличиваются с ростом глубины и составляют в общих расходах на малых глубинах 5 %, а на больших - до 15 %. Поэтому проблема охраны и поддержания выемочных выработок на большой глубине в Карагандинском бассейне становится актуальной в технологии добычи угля.

Одним из рациональных путей улучшения состояния выработок и экономии материальных ресурсов является применение анкерной крепи. Объем внедрения анкерного крепления выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна составляет в настоящее время 60 % в чистом виде и 25 % - при смешанной (комбинированной) крепи.

Схемы обрушения пород и схемы установки анкеров учитывают горно-геологические горнотехнические условия разработки и укрепляющее воздействие на массив анкерной крепи.

Полученные практические рекомендации позволяет рекомендовать прогрессивные технологические схемы анкерного крепления горных выработок для обеспечения производства работ по креплению в зоне с повышенными напряжениями в приконтурных породах направлены на совершенствование технологии и средств анкерного крепления выработок.

Ключевые слова: стабилизация горного массива, сооружение искусственных полостей в земной коре, безопасность, численное моделирование, угольные шахты, деформации, дефектность, приконтурные породы, средства глубокого заложения.

SUBSTANTIATION OF FASTENING PARAMETERS FOR MAINTENANCE OF WORKINGS AHEAD OF LAVA IN CONDITIONS OF COAL MINES

AKHMATNUROV D.R.¹, DEMIN V.F.¹, ZAMALIEV N. M.¹, DEMINA T.V.²

¹NAO "Abylkas Saginov Karaganda Technical University"

²FGBOU VO "Ural State Mining University"

Abstract. At great depths of development of the formation in Karaganda basin, the frequency of cross bedding of mining workings reaches 2, 3 and even 4. In general, maintenance costs increase with depth and amount to 5 % in total costs at shallow depths, and up to 15 % at large depths. Therefore, the problem of protecting and maintaining excavations at great depths in the Karaganda basin is becoming relevant in coal mining technology.

One of the rational ways to improve the condition of workings and save material resources is the use of anchor support. The volume of introduction of anchorage of workings in the mines of the Karaganda coal basin is currently 60 % in its pure form and 25 % - with mixed (combined) support.

Rock collapse schemes and anchor installation schemes take into account mining and geological mining conditions and the strengthening effect on the rock support massif.

The above practical recommendations make it possible to recommend advanced technological schemes for anchorage of mine workings to ensure the performance of work on fastening in a zone with increased stresses in boundary rocks are aimed at improving the technology and means of anchorage of workings.

Keywords: underground mine workings, stresses, deformations, fastening parameters, geomechanical processes, anchorage, technological schemes of fastening, stability of rock outcrops, heaving of the soil of the workings, mining factors, carboniferous massif, contour of mining, convergence.

Одной из приоритетных задач развития шахт Карагандинского угольного бассейна является снижение затрат на добычу угля и проходку выработок за счет увеличения объемов применения анкерного крепления подземных выработок при росте объемов проходческих работ с увеличением темпов их проведения. Поэтому эта область является одной из приоритетных для решения в горнодобывающей промышленности с совершенствованием технологических схем проведения горных выработок с анкерным креплением с учетом геомеханического состояния массивов пород.

В повышении эффективности горного производства важное значение играет решение проблемы совершенствования технологии крепления и надежного поддержания подготовительных выработок. Затраты на проведение выемочных выработок достаточно значительны и составляют 15–20 % от себестоимости горных работ. Устойчивое поддержание подготовительных выработок также требует значительных затрат на их ремонт как до, так и после ввода в эксплуатацию очистных забоев, которые достигают 15–20 % от стоимости проведения горных выработок [1 - 3]. На существующих в бассейне глубинах разработки (600–850 м) в Карагандинском угольном бассейне современными

крепями невозможно добиться безремонтного поддержания выработок. В настоящее время на больших глубинах разработки пластов в Карагандинском бассейне кратность перекрепления и подрывки почвы выемочных эксплуатационных выработок достигает величины 2, 3 и даже 4. В целом, расходы на поддержание увеличиваются с ростом глубины и составляют в общих расходах на малых глубинах до 5 %, а на больших - до 15 %. Поэтому проблема охраны и поддержания выемочных выработок на большой глубине в Карагандинском бассейне становится актуальной в технологии добычи угля.

Одним из рациональных путей улучшения состояния выработок и экономии материальных ресурсов является применение анкерной крепи. Объем внедрения анкерного крепления выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна составляет в настоящее время в среднем 60 % в чистом виде и 25 % - при смешанной (комбинированной) крепи.

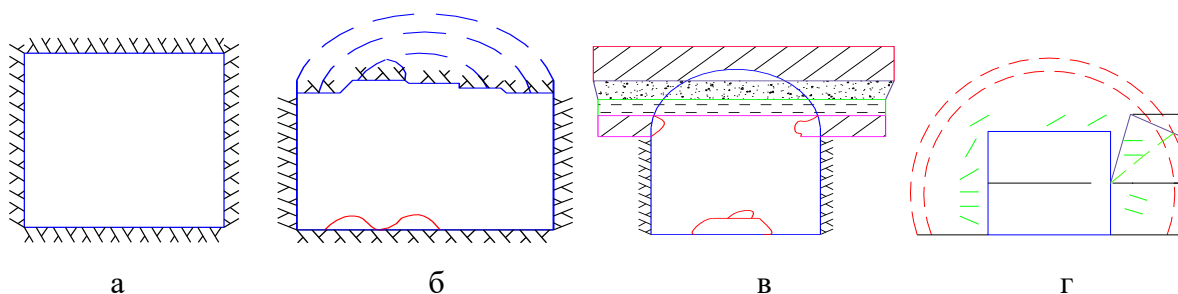
Для обеспечения высокого уровня нагрузок на очистной забой его подвигание должно составлять 8-12 м/сут, а для подготовки запасов темпы проведения подготовительных выработок должны быть не менее 15-25 м/сут.

В современных условиях в мировой практике на угольных шахтах при длинных очистных забоях применяют три схемы бесцеликовой технологии: с сохранением выработок для повторного использования; с проведением выработок вприсечку к выработанному пространству; с проведением спаренных выработок с выемкой целика между ними смежной лавой.

Наиболее прогрессивной схемой бесцеликовой технологии является технология подготовки и отработки пластов с сохранением выемочных выработок на границе с выемочным пространством при отработке смежной лавы. При этом устойчивость повторно используемых выработок обеспечивается созданием несущего слоя пород путем применения двухуровневой анкерной крепи глубокого заложения и высокой несущей способности в сочетании с усиливающей крепью.

Анкерная крепь второго уровня, установленная в выработке при смещениях пород кровли до 50 мм после установки основной анкерной крепи, создает несущий слой пород, воспринимающий нагрузки от вышележащих деформированных пород кровли, которые возникают в зоне влияния очистных работ, несущая способность которого уменьшается с увеличением смещений в используемой выработке.

При этом важным этапом для установления параметров крепления горных выработок является оценка схем обрушения пород и параметров установки анкерного крепления. Форма и размеры зоны возможного обрушения пород вокруг выработки зависят от строения пород в кровле, боках и почве (рисунок 1).



а - устойчивое; б – образование свода естественного равновесия в кровле и почве; в – образование свода в пластичных устойчивых породах в кровле и почве; г – образование зоны разрушения пород в кровле и боках выработки.

Рисунок 1 - Формы состояния обнажений горных пород в подготовительных выработках

При этом состояние обнажений и потеря устойчивости горных пород могут быть: устойчивыми (при проведении выработок в прочных породах); с образование свода естественного равновесия (в устойчивых породах), свода в пластичных устойчивых породах (среднеустойчивых породах, вне зоны влияния горных работ) или зоны разрушения пород в кровле и боках (возможно и почве) выработки (в зоне влияния горных работ, опорного давления, нарушенных участках).

Снижение степени влияния призмы сползания в боках в используемых выработках, закрепленных как рамной, так и анкерной крепью, достигается установкой в них анкерной крепи с длиной стержня, определяемого прочностью боковых пород, не превышающей 2,4 м, включая двухуровневую сталеполимерную анкерную крепь с длиной анкерного стержня 5,0 м и более, усилием закрепления стержня в породе – 130-160 кН, определяющий последовательность установки сталеполимерной анкерной крепи и первого и второго уровня с учетом прочности вмещающих пород, пролета выработки и коэффициентов обрушаемости и устойчивости обеспечивает устойчивое состояние используемых выработок, находящихся в зоне влияния очистных работ.

Установлено, что в интервале времени до крепления выработок усиливающей анкерной крепью на любой стадии интенсивности горного давления смещения пород кровли не должны превышать 50 мм; смещения 50, 100, 150, 200 мм ведут к снижению несущей способности консолидируемой системы «деформированные породы, прошитые анкерными стержнями» на 15, 50, 55, 65 процентов соответственно. За счет призм сползания в боках выработок происходит приращение пролета на величину удвоенной величины смещения пород кровли в середине выработки и составляет 0,5-1,7 м. Для устранения этих негативных явлений в боках выработок устанавливается анкерная крепь с длиной анкерного стержня, определяемой глубиной расположения выработки, при этом ширина зоны разрушения пород в боках для средних глубин в 2,1-2,6 раза, а на больших глубинах - в 1,7-

2,2 раза меньше ширины призмы сползания при условии, что разрушение пород происходит в условиях одноосного сжатия. На большем расстоянии породы призмы сползания находятся в условиях объемного сжатия, анкерные стержни длиной 2,4 м и более, закрепленные в этой области, имеют величину усилия выдергивания 60-80 кН, обеспечивая при этом уменьшение смещения пород в боках выработок до 200-250 мм. С ростом глубины разработки (до 750–800 м), наблюдается увеличение сечения горных выработок (до 18–20 м²), при сроке поддержания 3 - 5 лет, растут смещения пород кровли (0,3-0,5 м и более), почвы (0,4-0,6 м и более) на их контуре при нагрузке на крепь (до 800–900 кН), что требует повышенной плотности рамной крепи (2,6-2,7 рам/пог. м и смешанного крепления) и обуславливает повышенные затраты на проведение горных выработок.

Результаты сравнительного анализа свидетельствуют о более сложных условиях поддержания выработок, формируемых позади лавы в 1,3-2,5 раза и повторно используемых 1,7-3,5 раза по сравнению с присечными и выработками, пройденными в угольном массиве.

Численные значения можно получить при расчетах проявлений горного давления.

Максимальные напряжения для боков выработки составляют:

$$\delta_{\max} = k_1 \cdot \gamma \cdot H, \quad (1)$$

Минимальные напряжения для кровли выработки равны:

$$\delta_{\min} = k_2 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma \cdot H, \quad (2)$$

где k_1, k_2 —коэффициенты сжимающих, растягивающих напряжений (в долях от δ_x), по таблице;

λ_1 —коэффициент бокового распора рассчитывается как;

$$\lambda_1 = \frac{\mu}{1-\mu}$$

μ —коэффициент Пуассона (поперечные и продольные деформации),

$$\mu = \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_l} \quad (3)$$

$\lambda_2 = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ —коэффициент горизонтального распора;

φ —угол внутреннего трения для сыпучей среды;

γ —средняя плотность массива горных пород;

H —глубина разработки (при нарушениях, $H_p = 1,5 \cdot H$ —по СНиП II–94 – 80).

Таблица 1 – Параметры напряжений вокруг выработки

Форма сечения выработки	Параметры свода (в долях от ширины выработки)			Коэффициенты концентрации напряжений		Размеры зоны растягивающих напряжений		Примечание
	радиус осевой дуги R	радиус боковой дуги r	высота свода h_0	сжимающих в боках k_1 (в долях от $\gamma \cdot H$)	растягивающих в кровле k_2 (в долях от $\lambda_1 \cdot \gamma \cdot H$)	ширина по кровле (в долях ширины выработки)	высота (в долях высоты свода) h_0	
Прямоугольно-сводчатая	0,905	0,173	1/4	2	0,4	0,35	0,3	Для пород с $f > 12$
то же	0,692	0,262	1/3	2	0,3	0,3	0,1	Для пород с $f \leq 12$
то же	0,5	-	1/2	2	0,25	0,28	0,08	Уравнение очертания свода $y = x^2/0,5B \tan \varphi$;
Прямоугольная с прямыми стенками	-	-	-	2	0,23	0,25	0,07	для пород с $\varphi = 39^\circ$
Трапецевидная и прямоугольная	-	-	-	2	1,0	0,9	0,15	В долях от ширины кровли. Отношение оснований к высоте (при $\alpha = 80^\circ$) 1:1,45:1,6

Качество анкерного крепления выработок во многом зависят от обоснованного расположения анкеров в выработке с учетом залегания пласта и выбора параметров анкерной крепи (диаметра, их длины, соотношения диаметра шпура и диаметра арматуры и полимерных ампул анкеров и скорости затвердения закрепляющего состава, расположенного в них), что обеспечивает эффективность технологии анкерного крепления и химического упрочнения массива.

При разработке схемы крепления выработок геомеханической основой расчета являются следующие положения:

- формирование несущей балки анкерами первого уровня;
- породы кровли выработки за пределами естественного свода давления имеют меньшие смещения и большие сопротивления нагрузкам, чем породы в своде;
- смещения пород кровли за лавой приводят к увеличению пролета свода давления на величину возможного разрушения боков выработки и, соответственно, существенному увеличению размеров естественного свода давления;

– связывание приконтурного массива пород в естественном состоянии давления с вышерасположенными породами при помощи анкеров глубокого заложения, приводит к подвеске сформированной несущей балки пород к устойчивому массиву и уравнивании нагрузки на крепь выработки.

В результате усиления крепи канатными анкерами возрастает прочность приконтурного массива пород кровли на сопряжении лавы с выработкой, в зонах опорного давления от очистного забоя и влияния отработанного пространства, а также происходит перераспределение нагрузки на крепь штрека. Связывание массива пород анкерами глубокого заложения обеспечивает запаздывание его смещения, а после посадки кровли за механизированным комплексом наблюдается подпор упрочненного массива разрушенными породами.

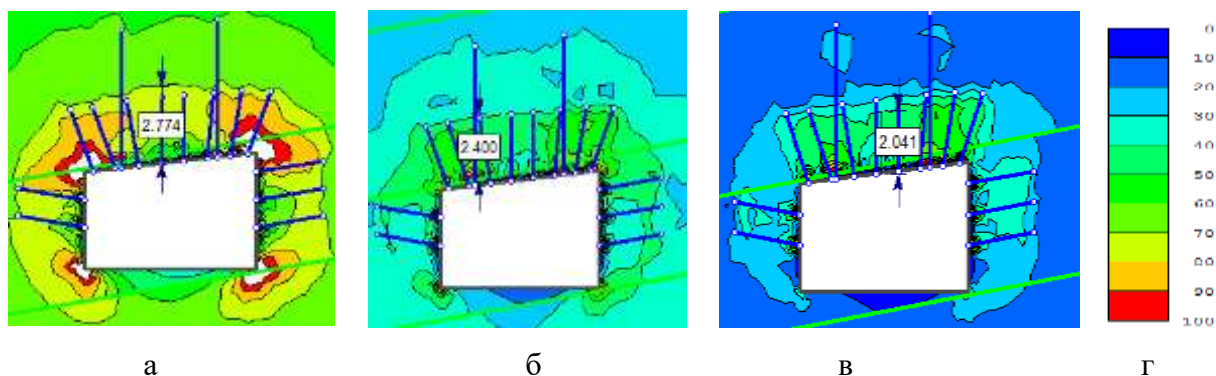
При этом крепь рассчитывается таким образом, чтобы обеспечивались безопасные условия работы на сопряжении очистного забоя с примыкающей выработкой, впоследствии сохранение выработки для использования и безремонтное ее поддержание на весь срок эксплуатации.

Сохранение выработок с помощью канатных анкеров на пластах малой и средней мощности позволило добиться следующих результатов:

- снижение проявлений опережающего горного давления на устойчивость штреков;
- повторное использование для целей вентиляции (вентиляционная выработка, газодренажный канал, комбинированная схема проветривания очистного забоя) и обеспечения запасных выходов;
- реализация бесцеликовой схемы отработки (снижение объемов проведения подготовительных горных выработок примерно в два раза, увеличение коэффициента извлечения запасов);
- обеспечение работы механизированного комплекса без крепи сопряжения и повышение нагрузки на забой за счет сокращения времени концевых операций.

На рисунке 2 представлено развитие деформаций в зависимости от управляемости пород кровли пласта в зоне опорного давления впереди лавы при моделировании приконтурных пород с использованием программного комплекса Ansys [4].

При обработке данных моделирования и сопоставлении их в производственной информацией получены характеристики изменения деформаций (U , м) в зависимости от расстояния до лавы (L , м) для выработок шахты «Казахстанская» Карагандинского угольного бассейна – рисунок 3.

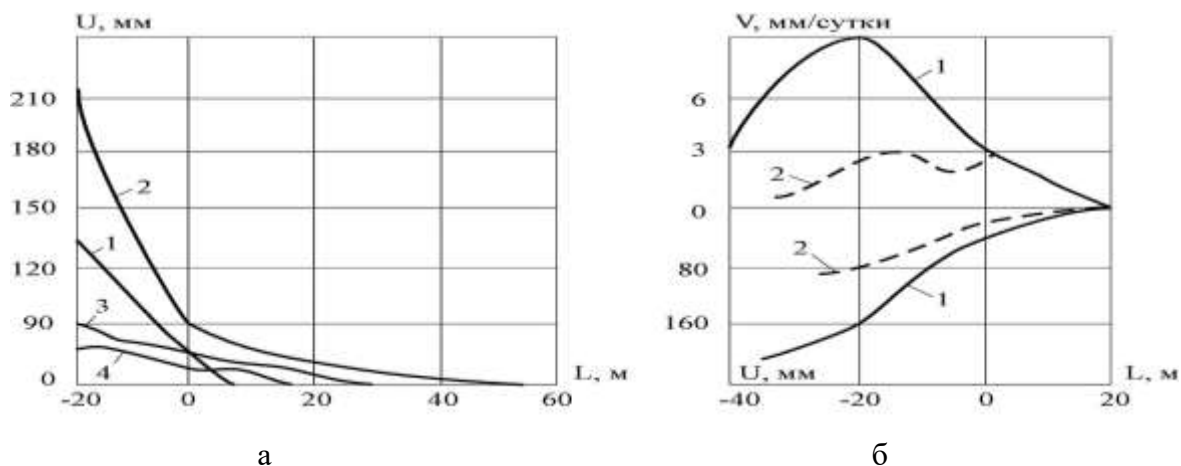


по управляемости: а – в легко; б – средне; в – трудно; г – шкала напряжений

Рисунок 2 – Развитие деформаций в зависимости от управляемости пород кровли пласта в зоне опорного давления впереди лавы

При смещениях более 200 мм, слоистая породная конструкция, прижатая анкерными стержнями основной крепи, теряет свою несущую способность, а стойки усиления вместе с подпорными элементами удерживают расслоившиеся породы. В этой ситуации нередки обгрызание подпорных элементов и вывалы породы в выработку [5].

В период проведения выработки устанавливается первый уровень анкерной крепи. Анкерная крепь с длиной анкерного стержня 2,4 м, обеспечивает формирование упругой, слоистой породной балки. Второй уровень анкерной крепи с длиной анкерного стержня 5,0 м и более устанавливается на расстоянии $0,1H$ в зоне опорного давления. При этом предусматривается снижение применения дополнительных подпорных гидравлических стоек до 85 %.



1 – смещение боков конвейерного штрека 45Т₁–ю;
2 – смещение кровли и почвы вентиляционного штрека 45Т₁–ю; 3 – смещение боков сбойки пласта т₁; 4 – общее смещение кровли и почвы сбойки пласта т₁ шахты «Казахстанская»

1 – смещение боков и скорость деформации сбойки пласта т₁; 2 – смещение боков и скорость деформации вентиляционного штрека 45Т₁–ю шахты «Казахстанская»

а – деформации контура кровли выработок; б – смещения боков и скорости смещений.

Рисунок 3 – Изменения деформаций в зависимости от расстояния до лавы

Мониторинг состояния выработок показал, что смещение пород кровли выработок полностью затухают на расстоянии 150–200 м после прохода лавы. Это позволяет сделать вывод о технической возможности сохранения выработок с целью использования в данных горнотехнических условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Задачник по горным работам, проведению, креплению горных выработок», М., Недра 1985. – С. 23.
2. Шарп Ф. Последние новшества в анкерном креплении пород на шахтах государственного угольного управления Великобритании//Доклады на симпозиуме по анкерному креплению.—Лондон, 1984.- С. 268-281.
3. Hudson J.A., Harrison J.P. Engineering Rock Mechanics. Part 2 London. 1997. - 39с.
4. Сидсмен Р. Обзор анкерного крепления на шахтах Караганды. АрселорМиттал. АС-R03. 2010. – 35с.
5. Демин В.Ф., Мельник В.В., Смагулова А.С. и др. Технология управления устойчивостью приконтурного углепородного массива горных выработок (монография). Караганда: Изд-во Полиграфист, 2013. –382с.

МОНИТОРИНГ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОДДЕРЖАНИЯ ПРИСЕЧНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

АХМАТНУРОВ Д.Р.¹, ДЕМИН В.Ф.¹, МУСИН Р.А.¹, ДЕМИНА Т.В.²

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. Совершенствование и внедрение прогрессивной технологии и средств крепления горных выработок с обоснованием их оптимальных параметров на основе учета напряженно-деформированного состояния вмещающих пород, позволит снизить материальные и трудовые затраты при их эксплуатации.

При отработке угольных пластов в периоды ведения очистных работ в зонах опорного (повышенного) горного давления при поддержании присечных выработок впереди лав, резко возрастает интенсивность напряжений и деформаций и продолжительность простоев длинных очистных забоев. Связанные с этим потери добычи достигают 20 – 25 % и более, повышается зольность угля и опасность труда горнорабочих.

Исследования закономерностей и особенностей деформирования породного массива, вокруг контура поддерживаемой присечной горной выработки на вентиляционном горизонте при выемке отрабатываемого столба ниже ранее отработанного с установлением надежных параметров крепления, являются важным.

Ключевые слова: подземные горные выработки, напряжения, деформации, параметры крепления, геомеханические процессы, анкерная крепь, технологические схемы крепления, устойчивость породных обнажений, пучение почвы выработки, горнотехнические факторы, углепородный массив, контур горной выработки, конвергенция.

MONITORING OF THE GEOMECHANICAL CONDITIONS FOR MAINTAINING SURFACE MINE WORKINGS

AKHMATNUROV D.R.¹, DEMIN V.F.¹, MUSSIN R.A.¹, DEMINA T.V.²

¹NAO "Abylkas Saginov Karaganda Technical University"

²FGBOU VO "Ural State Mining University"

Abstract. The improvement and introduction of advanced technology and means of fixing mine workings with justification of their optimal parameters based on the consideration of the stress-strain state of the host rocks will reduce material and labor costs during their operation. When working off coal seams during the periods of cleaning operations in the zones of reference

(increased) rock pressure while maintaining the cut-off workings ahead of the lavas, the intensity of stresses and deformations and the duration of downtime of long cleaning faces sharply increases. The associated production losses reach 20-25% or more, the ash content of coal and the danger of miners' labor increases.

Studies of the patterns and features of deformation of the rock mass, around the contour of the supported prisechny mine workings on the ventilation horizon when excavating the worked column below the previously worked one with the establishment of reliable fastening parameters, are important.

Keywords: underground mine workings, stresses, deformations, fastening parameters, geomechanical processes, anchorage, technological schemes of fastening, stability of rock outcrops, heaving of the soil of the workings, mining factors, carboniferous massif, contour of mining, convergence.

Актуальность исследований. Технологическая практика применения средств крепления и поддержания при эксплуатации горных выработок свидетельствует о перспективности использования направления применения анкерных крепей, связанного с их преимуществами: увеличением темпов сооружения выработок с сокращением материальных и трудовых затрат, объемов транспортировки крепежных материалов и снижения доли ручного труда в процессе возведения крепи, затрат на ремонт и более эффективного использования сечения подземных полостей.

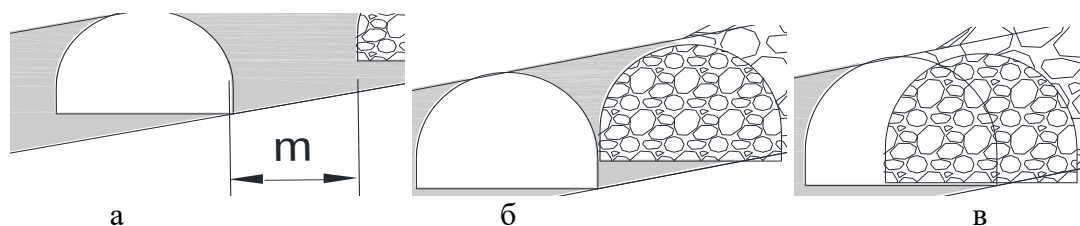
Изучению особенностей и закономерностей деформирования массива, вмещающего выработки с рамными конструкциями крепи посвящены работы многих отечественных и зарубежных исследователей [1-2], такого же рода работы с анкерным креплением не всегда достаточно изучены. Однако, намечаемый рост перспектив применения анкерных систем для крепления выработок различного назначения на шахтах, как одного из приоритетных направлений интенсификации производства, с проведение таких научно-прикладных исследований, является актуальным для угольной отрасли.

Вокруг горной выработки, закрепленной анкерной крепью, образуется зона неупругих деформаций и зона разрушения. Породы, вмещающие горную выработку, закрепленную анкерной крепью, как и вокруг выработок, закрепленных традиционными конструкциями крепи, испытывают деформации растяжения и сжатия [3-5].

Сразу после проведения выработки, еще до момента установки анкеров, происходит перераспределение напряжений во вмещающем ее массиве. Поскольку возникающие при этом напряжения превышают прочность вмещающих пород, то образуется фронт разрушения, направленный от контура выработки вглубь массива.

В Карагандинском угольном бассейне в настоящее время одной из проблем является поддержание присечных вентиляционных выработок (при бесцеликовой выемке) отрабатываемого выемочного столба, рядом со смежным ранее отработанным: при креплении комбинированным креплением (металлоарочная крепь и канатные анкера, для которых требуется полное заполнение шпуров) для повышения его устойчивости, т.к. при возвратноточной схеме проветривания вентиляционный штрек (выработка) служит для газотвода метана из выработанного пространства (газодренажа).

Проявления деформаций в присечных горных выработках. Выработки проводятся вприсечку в следующих модификациях: с сохранением части сечения ранее пройденной выработки вышележащего (при выемке по простиранию) или смежного (соответственно, при отработке по падению) выемочного отработанного столба; встык с погашенной конвейерной выработкой; с оставлением угольного целика, соизмеримой с вынимаемой мощностью отрабатываемого угольного пласта (размером в среднем около 2 м) – рисунок 1.



а) при оставлении угольного целика, равного мощности угольного пласта; б) рядом с подготовительной выработкой ранее отработанного выемочного столба; в) с частью проходного сечения вышележащей выработки

Рисунок 1 – Технологические варианты схем проведения присечных выработок на стыке с ранее с отработанным смежным выемочным столбом

При этом в поддерживаемой выработке возникают проявления горного давления, приводящих в неудовлетворительное ее состояние с нестабильным состоянием кровли боков и почвы – рисунок 2.

Мониторинг состояния горных выработок, проводимых вприсечку в условиях шахты. При проведении выработок вприсечку к выработанному пространству их размещение производится в зоне разгрузки, формируемой при отработке предыдущего столба путем деформирования и частичного разрушения угольного пласта и пород вследствие концентрации напряжений, создаваемых как динамической, так и статической составляющими опорного давления [6-9]. Присечная выработка за срок своего существования дважды попадает в зону динамической составляющей опорного давления - в зоне подготовительного забоя и впереди очистного забоя.



а - деформации в виде прогибов кровли горной выработки



б - куполообразование в кровле выработки при комбинированной крепи



в - нестабильные бока выработки (отжим и выдавливание)

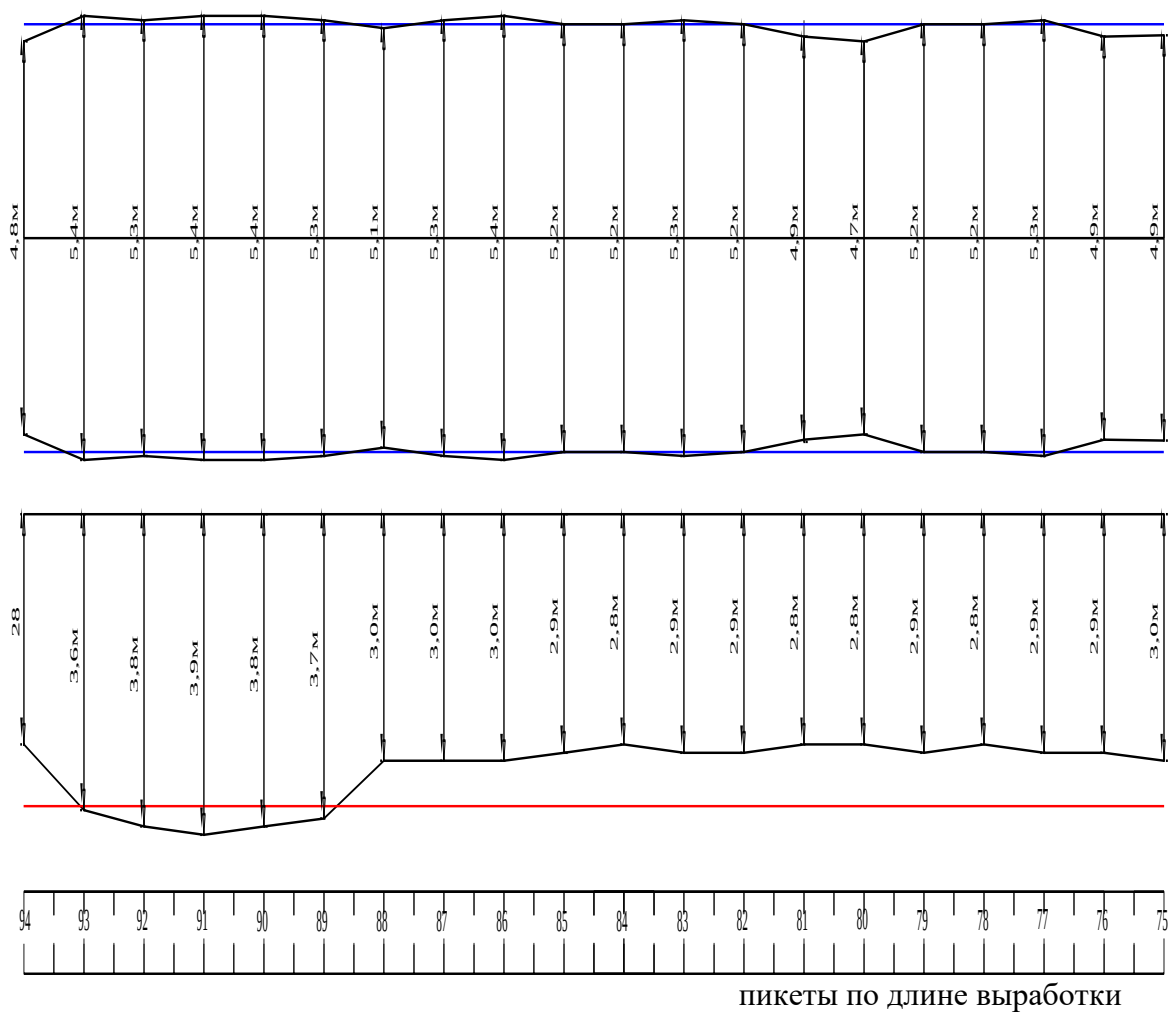


г - вывалы пород из боков выработки

Рисунок 2 – Проявления горного давления в присечных выработках с деформациями контуров их кровли и боков

При проведении выработок вприсечку размер зоны разрушенных пород непосредственно у забоя выработки в 2 и более раза больше, чем размер зоны разрушенных пород в кровле выработок, проводимых в массиве пород. Уменьшение смещений кровли при проведении выработок вприсечку к выработанному пространству объясняется не только релаксацией напряжений в разрушенном массиве пород, но и сжатием ранее разрушенных пород при взаимодействии их с породами кровли.

К основным задачам исследований относятся: определение закономерностей проявления горного давления и прогнозирование смещений приконтурного массива пород горных выработок.



- — Проектная ширина выработки
— — Проектная высота выработки

Рисунок 3 - Профиль вентиляционного штрека д₁₋₂ № 2 шахты «Шахтинская» Карагандинского угольного бассейна по ширине и высоте поддерживаемой выработки

Поскольку виды проявлений горного давления в подготовительных выработках определяются соотношением величин действующих напряжений и деформационных характеристик окружающего массива пород, мероприятия по управлению горным давлением могут быть направлены: на снижение действующих напряжений в массиве; на повышение деформационной способности и прочностных характеристик приконтурной части массива [10].

Проведены производственные наблюдения за устойчивостью выработок Карагандинского угольного бассейна. На рисунке 3 представлен профиль вентиляционного штрека д₁₋₂ № 2 шахты «Шахтинская» по ширине и высоте поддерживаемой выработки. Высота по сравнению с исходной - 3,9 снижается до 2,8 м (или в 1,39 раза), ширина соответственно с 5,4 до 4,8 м (или в 1,13 раза).

Производственные наблюдения за устойчивостью выработок Карагандинского угольного бассейна позволили установить эмпирические функциональные зависимости деформаций контуров выработки во времени (логарифмические): пучения почвы: $y_{cm}^k = 0,09 \ln(x) + 0,14$; смещений кровли: $y_{cm}^k = 0,042 \ln(x) + 0,11$; смещений боков: $y_{cm}^k = 0,034 \ln(x) + 0,12$, для всех функций коэффициент корреляции $R = 0,99$.

Выполнены исследования геомеханических условий поддержания присечных горных выработок с оценкой технологических принципов применения средств крепления горных выработок. Шахтные эксперименты за устойчивостью выработок Карагандинского угольного бассейна позволили установить эмпирические функциональные зависимости деформаций контуров выработки во времени: пучения почвы, смещений кровли и боков.

Проведенные исследования позволяют с достаточной достоверностью прогнозировать смещения контуров присечных подготовительных выработок при геомеханических процессах в зонах с повышенным горным давлением.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шашенко А.Н. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт [Текст]: монография / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Мартовицкий. – Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2012. – 384 с.

2 Бондаренко В.И. Экспериментальные исследования устойчивости повторно используемых выемочных выработок на пологих пластах Донбасса [Текст]: монография / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович, А.И. Коваль, В.В. Фомичев. – Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2012. – 426 с.

3 Бондаренко В.И. Аналитико-экспериментальные исследования повышения устойчивости выемочных выработок и расчет параметров крепежной системы [Текст]: монография / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович, Р.Н. Свистун, В.Г. Снигур. – Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2013. – 178 с.

4 Snigur V. Specifics of percarbonic rock mass displacement in longwalls end areas and extraction workings / I. Kovalevs'ka, O. Vivcharenko, V. Snigur // Materials of VII International scientific-practical conference "School Underground Mining" / "Mining of Mineral Deposits". – Netherlands: CRC Press/Balkema, 2013. – pp. 29 – 33.

5 Кириченко В.Я. Металлорамные штрековые крепи нового технического уровня [Текст] / В.Я. Кириченко // Материалы IV междунар. науч.-практ. конф. «Школа подземной разработки». – Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2010. – С. 241 – 266.

6 Демин В.Ф., Шонтаев Д.С., Шонтаев А.Д., и др. Напряженно-деформированное состояние приконтурного углепородного массива//Уголь.-2020. -№ 5. - С. 61- 65.

7 Демин В.Ф., Демина Т.В., Яворский В.В. и др. Эффективность использования геомеханической системы «горный массив-анкерное крепление» для повышения устойчивости горных выработок (статья). Уголь, № 2, 2014. - С. 18-22.

8 Демин В.Ф., Алиев С.Б., Демина Т.В. и др. Смещения контуров подготовительных выработок при геомеханических процессах (статья). ООО «Редакция журнала «Уголь», № 4, 2013. – С. 69-72.

9 Демин В.Ф., Демина Т.В., Кайназаров А.С., Кайназарова А.С. Оценка эффективности применения технологических схем проведения горных выработок для повышения устойчивости их контуров // Устойчивое развитие горных территорий. Sustainable Development of Mountain Territories. Науки о Земле. Т. 10, № 4 (38), Обзорение 307. Технические науки 215. РСО-Алания, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет), 2018. - С. 606 - 617.

10 Демин В.Ф., Халикова Э.Р., Демина Т.В., Журов В.В. Исследование влияния тектонических нарушений залегания угольного пласта на параметры крепления горных выработок с анкерной крепью, Журнал «Вестник Национального государственного технического университета, Днепропетровск, Украина, No. 5, 2019. - pp. 16 - 21.

**АКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ОХРАНЕ
ТРУДА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: АНАЛИЗ ПРОЕКТА ИЗМЕНЕНИЙ
ПОСТАНОВЛЕНИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА № 2464**

ГРЕБЕНКИН С.М., КУЗНЕЦОВ А.М., ПУРИКОВ Д.Е.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые изменения, предлагаемые Министерством труда и социальной защиты РФ в порядок обучения по охране труда и проверки знания требований, утвержденный Постановлением Правительства РФ от 24 декабря 2021 г. № 2464. На основе анализа проекта нормативного акта, запланированного к вступлению в силу с 1 сентября 2026 года, автором исследуются векторы реформирования системы профессиональной подготовки работников. Особое внимание уделяется переходу от избыточной административной нагрузки к риск-ориентированному подходу, изменению сроков периодичности обучения, расширению компетенций инструкторов по первой помощи, а также новым требованиям к стажировке и документообороту. В работе использованы аналитические материалы экспертного сообщества, данные государственных реестров и оценки правоприменительной практики, что позволяет сформулировать выводы о направлениях оптимизации национальной системы охраны труда до 2032 года.

Ключевые слова: охрана труда, обучение по охране труда, проверка знаний, профессиональные риски, инструктаж, первая помощь, стажировка, управление охраной труда.

**CURRENT TRANSFORMATIONS OF THE OCCUPATIONAL SAFETY TRAINING
SYSTEM IN THE RUSSIAN FEDERATION: ANALYSIS OF DRAFT AMENDMENTS
TO GOVERNMENT DECREE No. 2464**

GREBENKIN S.M., KUZNETSOV A.M., PURIKOV D.E.

Ural State Mining University

Abstract. The article discusses the key changes proposed by the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation to the procedure for occupational safety training and knowledge of requirements, approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated December 24, 2021 No. 2464. Based on the analysis of the draft regulatory act, scheduled to enter into force on September 1, 2026, the author examines the vectors of reforming the system of professional training of employees. Particular attention is paid to the transition from excessive administrative workload to a risk-based approach, changing the timing of training, expanding the

competencies of first aid instructors, as well as new internship and document management requirements. The work uses analytical materials from the expert community, data from state registers and assessments of law enforcement practice, which allows us to formulate conclusions on the areas of optimization of the national occupational safety system until 2032.

Keywords: occupational safety, occupational safety training, knowledge testing, occupational risks, instruction, first aid, internship, occupational safety management.

Введение

Система обучения по охране труда в Российской Федерации является фундаментальным элементом механизма реализации конституционного права работника на безопасные условия труда. С момента вступления в силу Постановления Правительства РФ от 24 декабря 2021 г. № 2464 «О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда» (далее – Правила № 2464) прошло более четырех лет, что позволило сформировать устойчивую правоприменительную практику. Как справедливо отмечается в проекте доклада Минтруда России, подготовленного по итогам оценки применения обязательных требований, основания для комплексного пересмотра действующей системы отсутствуют, а существующие нормы оцениваются как «логичные, ясные и однозначные» [6].

Однако любая статичная система требует динамической корректировки в ответ на вызовы экономической эффективности и необходимость снижения административных барьеров для бизнеса. В 2026 году Министерством труда был инициирован проект постановления Правительства РФ «О внесении изменений в постановление Правительства РФ от 24 декабря 2021 г. № 2464». Согласно опубликованным данным, срок действия действующего порядка продлевается до 1 сентября 2032 года [1; 2], что свидетельствует о стабильности выбранного вектора, однако сами Правила претерпевают ряд «точечных» изменений, направленных на оптимизацию и устранение избыточных требований.

Целью данной работы является научный анализ предложенных изменений, выявление их концептуальной основы (риск-ориентированный подход и цифровизация) и оценка потенциального влияния на деятельность работодателей и специалистов по охране труда.

Основная часть

Первым и наиболее значимым изменением, носящим стратегический характер, является пролонгация срока действия Правил № 2464. Изначально действие документа было ограничено 1 сентября 2026 года. Проект поправок предлагает продлить этот срок на шесть лет – до 1 сентября 2032 года [1, 2, 5].

Данное решение имеет глубокий управленческий смысл. Оно позволяет работодателям строить долгосрочные планы по развитию системы управления охраной труда (СУОТ) без опасений кардинальной смены вектора регулирования. В условиях экономической турбулентности и необходимости цифровизации производственных процессов, стабильность нормативной базы снижает транзакционные издержки бизнеса. При этом продление срока действия не означает заморозку регулирования; напротив, в документ вносятся уточнения, призванные устранить правовые коллизии, выявленные в ходе правоприменения [3; 6].

Одним из приоритетных направлений реформы является снижение избыточной административной нагрузки на работодателя. Проект изменений предлагает ряд решений, направленных на исключение дублирующих процедур.

Первое изменение касается внутреннего совместительства. Согласно новой редакции пункта 7 Правил, повторное обучение и проверка знаний не требуются при оформлении трудового договора на внутреннее совместительство, если условия труда работника и профессиональные риски по второй должности не отличаются от основной работы [6, 7, 8]. Ранее на практике возникали разночтения, когда работодатели были вынуждены формально направлять совместителей на обучение, даже если их функционал и опасности на рабочем месте оставались идентичными. Данная поправка устраняет избыточные требования, не снижая уровня безопасности.

Второе изменение касается освобождения офисных работников от первичного инструктажа на рабочем месте. Действующая редакция пункта 13 Правил № 2464 содержит условие о том, что освобождение возможно при условии, что «другие источники опасности отсутствуют». Как справедливо указывают эксперты, если по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ) рабочее место признано оптимальным (класс 1) или допустимым (класс 2), это автоматически означает отсутствие вредных и (или) опасных факторов [6]. Проект предлагает исключить излишнее условие об отсутствии «других источников опасности», тем самым упрощая процедуру для работодателей, чья деятельность связана исключительно с офисной техникой [5, 8].

Кроме того, уточняется порядок проведения инструктажа для первых лиц организаций. Пункт 22 Правил дополняется положением, согласно которому инструктаж по охране труда на рабочем месте для руководителя организации (филиала) может проводиться специалистом по охране труда или иным уполномоченным работником [7; 8]. Это разрешает организационную коллизию, связанную с отсутствием у генерального директора непосредственного вышестоящего руководителя.

Блок изменений, касающийся обучения оказанию первой помощи пострадавшим, демонстрирует переход к более гибкой и квалифицированной системе. Проект расширяет перечень лиц, которые могут привлекаться к обучению. Наряду с преподавателями, к проведению обучения допускаются инструкторы по оказанию первой помощи [7, 8]. Это позволяет работодателям привлекать специалистов, имеющих практическую подготовку (в том числе в системе МЧС России или в профильных медицинских организациях), что повышает качество обучения и его практико-ориентированность.

Особый интерес представляют изменения в требованиях к стажировке. Для работников, впервые начинающих трудовую деятельность, устанавливается минимальная продолжительность стажировки на рабочем месте – не менее 5 смен [1, 5, 8]. Ранее минимальный порог составлял 2 смены. Увеличение срока стажировки для новичков направлено на более качественное закрепление практических навыков безопасного выполнения работ. Критически важным является уточнение, что стажировку нельзя совмещать с практическим обучением по программам охраны труда [8]. Это разграничение позволяет четко разделить этапы подготовки: сначала теоретическое и практическое обучение, затем самостоятельная работа под наблюдением наставника.

Значительным послаблением для организаций, не подпадающих под действие специальных отраслевых актов, является изменение периодичности обучения по программам, указанным в подпункте «в» пункта 46 Правил (обучение безопасным методам и приемам выполнения работ повышенной опасности). Вместо ежегодного обучения (1 раз в год) предлагается установить минимальную периодичность не реже 1 раза в 3 года [1, 6, 9]. Данное изменение основано на анализе правоприменительной практики, показавшей, что годовой цикл при отсутствии специфических требований является избыточным и не подтвержден данными о повышении риска травматизма [6].

Одновременно с этим упрощаются требования к документообороту. Проект уточняет порядок оформления протокола проверки знаний. Работодатель получает право указывать регистрационный номер из реестра обученных лиц не только непосредственно в тексте протокола, но и в выгрузке данных (выписке), прилагаемой к протоколу [7, 10]. Также работодателям, осуществляющим обучение своими силами, предоставляется возможность актуализировать сведения о себе в реестре обучающих организаций не реже 1 раза в год, а не в течение 10 рабочих дней при каждом изменении, как это требуется сейчас [1, 10]. Это снижает риск административных нарушений, связанных с человеческим фактором.

Анализ предлагаемых поправок позволяет сделать вывод о том, что они вписываются в более широкий контекст реформы системы управления охраной труда в РФ.

Как отмечает председатель СОЦПРОФ Сергей Вострецов, ключевым трендом 2026 года становится переход от «контролера за галочкой» к стратегическому управлению рисками [5].

С 1 марта 2026 года вступил в силу обновленный профессиональный стандарт «Специалист в области охраны труда», который предъявляет новые требования к квалификации, включая цифровые навыки и работу с электронными системами оценки условий труда [5]. Изменения в Правила № 2464 синхронизированы с этим трендом. Акцент на результаты СОУТ при формировании учебных программ, заложенный в проекте, означает, что обучение должно быть максимально персонализировано под конкретные рабочие места и выявленные на них опасности.

Кроме того, продолжается курс на цифровизацию. Упрощение процедур ведения реестров, возможность выдачи выписок из протоколов в электронном виде и интеграция с государственными информационными системами (ЕГИС ОТ) позволяют сократить бумажный документооборот. Как указано в материалах Минтруда, цифровизация направлена на обеспечение оперативного мониторинга и обработки информации [2].

Заключение. Подводя итог анализу проекта изменений в Постановление Правительства РФ № 2464, можно констатировать, что государственная политика в сфере обучения охране труда вступает в фазу зрелости. Продление срока действия Правил до 2032 года свидетельствует о стабильности нормативной базы, а предлагаемые точечные поправки направлены на ее «расчистку» от избыточных и формальных требований.

Основные концептуальные изменения сводятся к следующему:

1. Снижение административной нагрузки: отмена повторного обучения для внутренних совместителей, упрощение освобождения офисных работников от инструктажа, увеличение срока периодичности обучения до трех лет.

2. Повышение качества подготовки: увеличение минимальной продолжительности стажировки для впервые принятых работников до пяти смен, привлечение к обучению первой помощи квалифицированных инструкторов, разделение процессов обучения и стажировки.

3. Цифровизация и гибкость документооборота: упрощение ведения реестров, допуск выписок из протоколов, сокращение сроков извещения об изменениях в реестрах обучающих организаций.

Для работодателей и специалистов по охране труда данные изменения означают необходимость пересмотра локальных нормативных актов, программ обучения и графиков проверки знаний до 1 сентября 2026 года. Внедрение риск-ориентированного подхода требует от служб охраны труда не формального администрирования, а глубокой аналитики

профессиональных рисков. Предложенные корректировки, основанные на анализе правоприменительной практики, призваны не только снизить издержки бизнеса, но и повысить качество главного результата – сохранения жизни и здоровья работников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Минтруд предложил внести поправки в порядок обучения по охране труда // ОТ Медиа. – 2026. – 12 марта. – URL: <https://ot-media.ru/news/mintrud-predlozhil-vnesti-popravki-v-poryadok-obucheniya-po-okhrane-truda> (дата обращения: 24.03.2026).
2. Информирование об изменениях в законодательстве по охране труда // Официальный сайт администрации Краснояружского района. – 2026. – 6 февраля. – URL: <https://www.krasnoyaruzhskij-r31.gosweb.gosuslugi.ru> (дата обращения: 24.03.2026).
3. Отдел охраны труда: новости // Администрация Ангарского городского округа. – 2026. – 4 февраля. – URL: <https://angarsk-adm.ru> (дата обращения: 24.03.2026).
4. КонсультантПлюс. – 2026. – URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 24.03.2026).
5. СОЦПРОФ: С 1 марта 2026 года – новый профстандарт специалиста по охране труда и цифровизация // СОЦПРОФ. – 2026. – URL: <https://sotsprof.org/press/news?id=17872> (дата обращения: 24.03.2026).
6. Минтрудом России сформированы первые предложения по внесению «точечных» изменений в Правила обучения по охране труда // Клинский институт охраны и условий труда. – 2026. – 2 февраля. – URL: <http://edu.trudcontrol.ru/info/publish/31281> (дата обращения: 24.03.2026).
7. Новости законодательства по охране труда за 26 января-1 февраля // ОТ Медиа. – 2026. – 2 февраля. – URL: <https://ot-media.ru/news/digest/novosti-zakonodatelstva-po-okhrane-truda-za-26-yanvarya-1-fevralya> (дата обращения: 24.03.2026).
8. Изменения в Постановление Правительства № 2464 // ВСР-63. – 2026. – 10 марта. – URL: <https://vsr63.ru/blog/proekt-izmenenij-v-postanovlenie-pravitelstva-2464> (дата обращения: 24.03.2026).
9. Опубликован проект изменений в порядок обучения по охране труда и проверки знаний № 2464 // EcoStandard.journal. – 2026. – 13 марта. – URL: <https://journal.ecostandard.ru/news> (дата обращения: 24.03.2026).
10. Минтрудом России сформированы первые предложения по обучению // Ассоциация СИЗ (АСИЗ). – 2026. – 26 января. – URL: <https://asiz.ru> (дата обращения: 24.03.2026).

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДАТЛИВЫХ АНКЕРОВ ПРИ СМЕШАННОМ КРЕПЛЕНИИ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВЫРАБОТКАХ

ДЕМИН В.Ф.¹, ДЕМИНА Т.В.², КОЧНЕВА Л.В.², ТЕТЕРЕВ Н.А.²

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. Совершенствование и внедрение прогрессивной технологии и опытно-промышленное применения податливых анкеров при смешанном креплении в эксплуатационных выработках при их креплении с обоснованием оптимальных параметров на основе учета напряженно-деформированного состояния вмещающих пород, позволит снизить материальные и трудовые затраты при поддержании.

При отработке угольных пластов в зонах опорного и повышенного горного давления при эксплуатации выработок впереди (или позади) очистных забоев резко возрастают напряжения и деформации со снижением темпов подвигания лав. Связанные с этим потери добычи достигают 20–25 % и более, повышается зольность угля.

Исследования закономерностей и особенностей деформирования породного массива вокруг контура поддерживаемой горной выработки при выемке угольного пласта с обоснованием параметров крепления являются важными задачами горного производства.

В выработках конвейерного горизонта Саранского участка Карагандинского угольного бассейна для сравнения были исследованы режимы работы комбинированной крепи с податливой металлорамной крепью с жесткими и ограничено податливыми анкерами в зоне влияния очистных работ, которые показали свою эффективность.

Ключевые слова: подземные горные выработки, напряжения, деформации, параметры крепления, геомеханические процессы, анкерная крепь, технологические схемы крепления, устойчивость породных обнажений, горнотехнические факторы, углепородный массив, контур горной выработки, конвергенция.

TECHNOLOGY FOR THE USE OF MALLEABLE ANCHORS WITH MIXED BONDING IN OPERATIONAL WORKINGS

DEMIN V.F.¹, DEMINA T.V.², KOCHNEVA L.V.², TETEREV N.A.²

¹NAO "Abylkas Saginov Karaganda Technical University"

²FGBOU VO "Ural State Mining University"

Abstract. Improvement and introduction of advanced technology and pilot-industrial application of flexible anchors with mixed fastening in production workings with their fastening

with justification of optimal parameters based on consideration of stress-strain state of enclosing structures will allow to reduce material and labor costs during maintenance.

When mining coal seams in zones of support and increased rock pressure, during the operation of workings in front of (or behind) working faces, stresses and deformations sharply increase with a decrease in the rate of movement of lavas. The associated production losses reach 20-25 % or more, the ash content of coal increases.

Studies of the regularities and features of deformation of the rock mass around the contour of the supported mine during the extraction of a coal seam with justification of the fastening parameters are important tasks of mining.

In the workings of the conveyor horizon of the Saransk section of the Karaganda coal basin, for comparison, the operating modes of the combined support with pliable metal-frame support with rigid ones were studied and limited to pliable anchors in the zone of influence of cleaning operations, which showed their effectiveness.

Key words: underground mine workings, stresses, deformations, parameters of fixation, geomechanical processes, anchor support, technological schemes of fixation, stability of rock outcrops, mining factors, coal-rock massif, contour of mine working, convergence.

Keywords: underground mine workings, stresses, deformations, fastening parameters, geomechanical processes, anchorage, technological schemes of fastening, stability of rock outcrops, heaving of the soil of the workings, mining factors, carboniferous massif, contour of mining, convergence.

Анализ и обобщение состояния горноподготовительных работ по результатам обследования эксплуатационных выработок шахт Карагандинского угольного бассейна показали, что на стадии проходки примерно в 25–30 % из них происходят опасные деформации и потери устойчивости породных обнажений, в этом числе 40 % - из них вне зоны и 60 % - в зоне влияния очистных работ. Потери устойчивости породных обнажений приводят к снижению скорости проведения выработок на 40–45 % и увеличению расхода крепежных материалов. Кроме того, 35–40 % несчастных случаев на горноподготовительных работах обусловлены потерей устойчивости породных обнажений и обрушением пород кровли, и боков выработок [1].

Применение существующих методов расчета параметров горной крепи показывает, что они не всегда обеспечивают надежное поддержание выемочных выработок, особенно в зоне влияния очистных работ при их эксплуатации в зонах опорного и повышенного горного давления. Поэтому разработка способов эффективного поддержания подготовительных выработок является важной задачей в области горного производства [2].

С представленных исследований рассмотрен способ, обосновывающий применение ограничено податливой анкерной крепи, которая влияет на развитие зон разрушения в приконтурных породах посредством связывания и упрочнения их в пределах первоначальных зон расслоения, образующихся вне зоны влияния очистных работ, для создания предохранительного моста, распределяющего давление на пяты свода, и играющего в последующем в зоне опорного давления, роль перераспределителя (опорного моста) пригрузки от пришедших в сдвижение вышележащих пород [3, 4].

Мониторинг состояния горных выработок при смешанном креплении

Определение области первоначального расслоения пород позволяет прогнозировать устойчивость и обрушаемость пород кровли и боков выработок с целью выбора рациональных параметров их крепления. Для исследования деформационных параметров законтурного горного массива проведен дистанционный инструментальный контроль оценки напряженно-деформированного состояния горных массивов, разрушения пород кровли и смещений боков выработок приборами контроля деформации массива КДМ-1 и КДМ-2 (конструкции ООО «ВНИМИ», Санкт-Петербург, Россия). С помощью первого прибора (КДМ-1) осуществлялся визуальный контроль за расслоениями в массиве, а прибором КДМ-2 количественно оценивалось смещение массива и расслоение в породах кровли [5, 6].

Смещения замерялись в приконтурных породах в выработках конвейерного горизонта Саранского участка Карагандинского угольного бассейна на глубине 450-500 м. Для контроля были пробурены 3 шпура (центральный и два смежных - под углом 45° к нему) в кровлю выработки. Непосредственная кровля пласта представлена среднеустойчивыми аргиллитами мощностью от 1 до 5 м прочностью 15-20 МПа с расстоянием между трещинами 0,5 м и основной труднообрушаемой кровлей мощностью 24-30 м, сложенной песчаником прочностью 65-70 МПа.

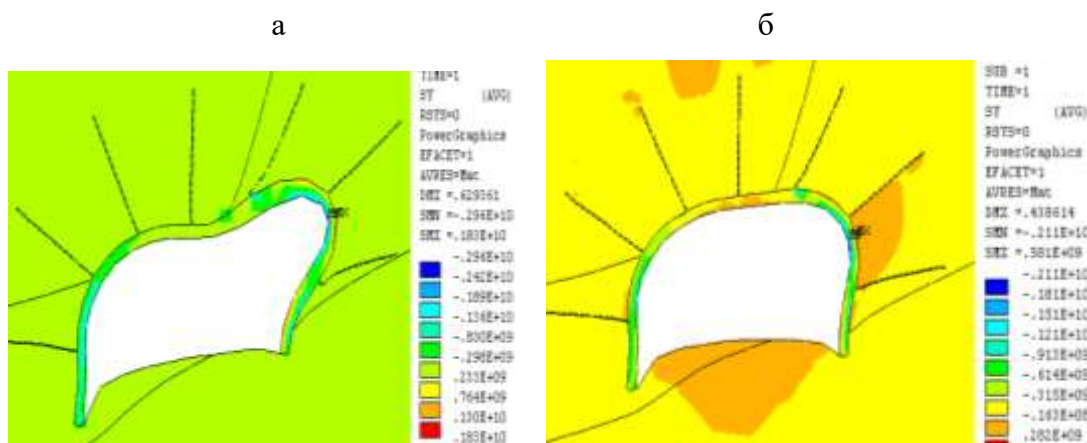
Вне зоны влияния очистных работ образование первого контура расслоений произошло через 20 мин. на расстоянии от выработки 1,6 м, затем второго - через 25 сут., на расстоянии 1,8 м и позже третьего - через 3 месяца, на расстоянии 2,2 м. Наиболее опасными являются растягивающие напряжения, расположенные перпендикулярно напластованию и превосходящие пределы прочности на контактах, вызывающие отслоение пород с отрывом слоев друг от друга, а затем и их обрушение. Процесс расслоения пород происходит под действием касательных напряжений, направленных вдоль напластования, которые вызывают проскальзывание слоев. Величина сцепления на площадках контактного прослойка, сложенном углистым прослоем при аргиллите составила 0,1 МПа, при песчанике – 0,4 МПа. При этом, вокруг выработки что образовалось три видимых

расслоившихся контакта слабых пород с конвергенцией в выработках конвейерного горизонта Саранского участка Карагандинского угольного бассейна.

Моделирование проявлений деформаций в эксплуатационных горных выработках. Для заданных выше условий разработки выполнено аналитическое моделирование методом конечных элементов в программном комплексе Ansys. На рисунке 1 представлены деформационные картины областей с равными продольными напряжениями в выработке с комбинированной крепью (рамами арочной металлорамной и анкерной промежуточной), с учетом коэффициента усиления.

В выработке, закрепленной комбинированной жесткой анкерной и податливой арочной металлорамной крепями (рисунок 1, а) продольные напряжения составляют 300–830 МПа, а в зоне влияния очистных работ с крепью усиления (с коэффициентом усиления $k_y = 1,5; 1,85; 2,0$) несмотря на прирост горного давления они составили 400-600 МПа (рисунок 1, б), чем достигается устойчивость контуров выработки. В этом случае нагрузка на выработку с использованием ограниченно податливой крепи будет меньше в 1,15 раза.

В зоне влияния очистных работ растет вертикальная составляющая давления из-за пригрузки консолей вышележащих пород и их расслоением, увеличиваются размеры условных зон неупругих деформаций со смещением пород в кровле выработки на 1,2–1,3 м. Своевременная установка усиливающей крепи в виде ограниченно податливой анкерной крепи позволит уменьшить смещения приконтурных пород и сохранить выработку эксплуатационном состоянии.



а –с жесткими анкерами $k_y=1,5$; б – ограниченно податливыми анкерами $k_y=2,0$.

Рисунок 1 – Деформационные картины областей с равными продольными напряжениями в выработке со смешанной комбинированной крепью (сочетание рам податливой арочной металлорамной и ограниченно податливой анкерной)

В выработках конвейерного горизонта Саранского участка Карагандинского угольного бассейна для сравнения были исследованы режимы работы комбинированной

крепи с податливой металлорамной крепью с жесткими и ограничено податливыми анкерами в зоне влияния очистных работ – таблица 1.

Таблица 1 – Устойчивость контуров в выработках конвейерного горизонта Саранского участка Карагандинского угольного бассейна в зависимости от технологических параметров крепления

$A_n, кН$	T_c	$L_a, м$	$D_y, ум/м^2$	$P_c, кПа$	$C_k, мм$	$P_m, м$	Y_k
анкера без элемента податливости (жесткие)							
12	1	1,8	1,0	70	590	0,9	0,1
12	1	2,0	0,93	100	540	0,91	0,1
12	1	2,2	1,2	155	460	0,92	0,5
12	1	2,0	0,9	170	435	0,93	0,6
12	2	2,2	1,2	190	390	0,95	0,85
ограничено податливые анкера							
15	1	2,2	1,28	235	350	0,4	0,9
15	1	2,4	1,2	275	300	0,4	0,91
15	2	2,4	1,28	295	295	0,38	0,92
15	2	2,4	1,28	240	285	0,35	0,93
15	2	2,4	1,28	375	260	0,3	0,95

где A_n – несущая способность анкерной крепи, т; T_c – количество рядов крепи усиления из ремонтин; L_a – длина анкеров, м; D_y – плотность установки анкеров, анкер/м²; P_c – суммарное сопротивление рамной, анкерной и крепи усиления; C_k – смещения кровли, мм; P_m – расслоения горного массива в зоне установки анкерной крепи, м.

Статистическая обработка результатов эксперимента при возведении ограничено податливых анкеров при устойчивых породах кровли в зоне влияния очистных работ с крепью усиления (гидростоек под продольные профили) позволила выявить эмпирическую зависимость устойчивости выработки от влияющих факторов (при коэффициенте корреляции $R^2=0,99$):

$$Y_k = 4,84 - 0,08A_n - 0,08T_c - 0,77L_a + 0,72D_y - 0,01P_c - 0,04C_k - 0,51P_m.$$

По критерию Стьюдента существенна зависимость от Y_k от A_n, D_y, C_k , несущественна – от T_c и L_a и минимальна – от P_c и P_m .

Мониторинг состояния выемочных выработок. Рассматриваемая выемочная выработка подвержена пучению почвы, сдвигению пород кровли, деформации элементов крепления выработки. Возможные виды горного давления и деформаций (б) представлены на рисунке 2. Наблюдалось выполаживание (выдавливание) верхняков в полость выработки со стороны выработанного пространства (10 % длины выработки – E_1); разрывы замковых соединений (хомутов и планок) на элементах крепи усиления УКР: со – стороны целика (0,2

% - E_6), со стороны выработанного пространства (2,5 %), верхних УКР (33 % - E_5). По длине выработки выдавливание боковых ножек наблюдалось: со стороны целика на 8,8 % (E_2) длины выработки, что привело к потере несущей способности крепи выработки и потребовало ее перекрепления на 6,7 % ее длины или по крайней мере замены боковых арочных ножек; со стороны выработанного пространства выдавливание боковых ножек арочной металлокрепи происходило на 2,1 % (E_3) длины выработки. Выдавливание обоих боковых ножек арочной крепи произошло на 1,6% (E_4) длины выработки с необходимостью перекрепления в этой зоне. На ряде участков – 1,2% длины выработки из-за вторичных посадок кровли боковые стойки арочной крепи и частично рамы в целом наклонены в сторону, противоположную направлению движения очистного забоя (а).

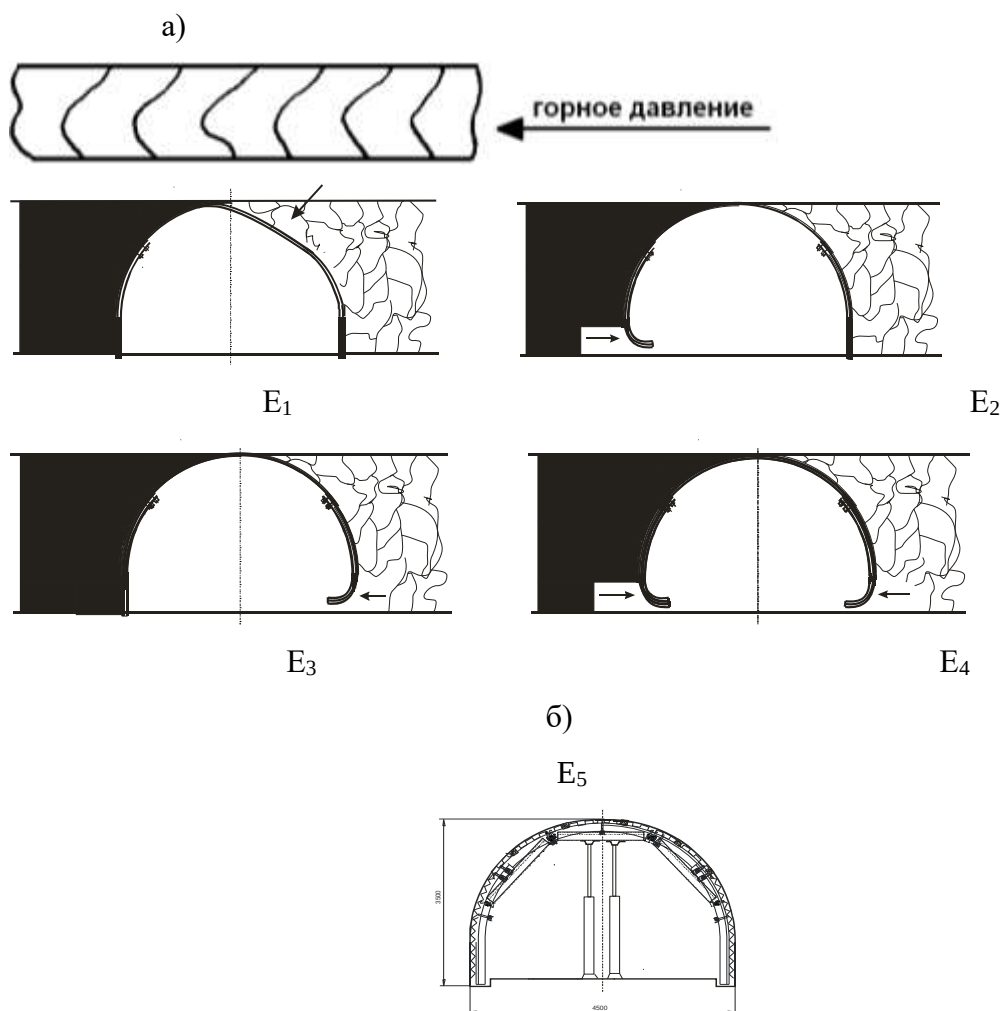


Рисунок 2 – Виды деформаций крепи (а) и паспорт крепления (б) в выработках конвейерного горизонта Саранского участка Карагандинского угольного бассейна без анкеров

Непосредственно под лавой в зоне опорного давления устанавливалась крепь усиления из 1-2-х рядов клиновых или гидростоек под две нитки продольных профилей. В

этих условиях увеличение расчетного сопротивления анкерной крепи (за счет узла податливости) с 60 до 140 кПа (кН/м^2) позволяет уменьшить расслоения пород кровли с 0,45 до 0,3 м (в 1,5 раза).

При малом количестве расслоившихся контактов (до трех штук) слабых пород для обеспечения удовлетворительного состояния пород кровли расчетное сопротивление анкерной крепи должно составлять 140-200 кПа при длине анкеров до 2,4 м [7, 8]. Проведенные испытания выработках конвейерного горизонта Саранского участка Карагандинского угольного бассейна позволили установить, что при устойчивой кровле (прочность пород на одноосное сжатие R_c более 60-80 МПа) плотность установки составляет 1-1,2 анкера/ м^2 (см. таблицу). Дальнейшее увеличение длины, прочности на разрыв стержней анкерной крепи, плотности ее установки в таких условиях технически и экономически нецелесообразно, так как не приводит к заметному уменьшению смещений пород кровли и только снижает темпы проведения горных выработок.

Примером реализации данных исследований является проведенный эксперимент с использованием ограничено податливых стальных анкеров в выработках конвейерного горизонта Саранского участка Карагандинского угольного бассейна (рисунок 3, а). На длине выработки 10 м на каждый анкер, были установлены металлические трубки (диаметром 0,03 м, с толщиной стенки 0,0015 м и высотой 0,05–0,07 м) между подхватом анкера и опорной шайбой. Выработка закреплена анкерами длиной 2,4 м диаметром 0,022 м с четырьмя ампулами. При проверке через 6 сут. было установлено, что произошла деформация (сжатие) трубок на 3-5 мм. При мониторинге кровли выработки и проверке состояния через каждые 10 сут., деформация (сжатие) трубок увеличилась со сжатием их до толщины шайбы.

Кровля, заанкерованная комбинированной смешанной податливой анкерно-рамной крепью, работает в двух циклах эксплуатации: режиме податливости с расслоением и сдвижением породных напластований и режиме длительной устойчивости с постоянной несущей способностью, обусловленной жестким подпором анкерной и рамной крепей и самозаклинивания породных блоков. При жесткой крепи возрастание нагрузки влечет пропорциональный рост касательных напряжений, а при податливой - их относительную стабильность, чем достигается цель - повышение несущей способности анкеров в режиме податливости.

Выполнены исследования геомеханических условий поддержания горных выработок конвейерного горизонта Саранского участка Карагандинского угольного бассейна с оценкой технологических схем применения средств крепления горных выработок.

Проведенные исследования позволяют с достаточной достоверностью прогнозировать смещение контуров подготовительных выработок при геомеханических процессах в зонах с повышенным горным давлением.

Оценена динамика конвергенции, смещений кровли, почвы и боков выработки при смешанной комбинированной крепи в зонах опорного давления, что позволяет учесть влияние горных факторов на устойчивость их контуров. Для более полного использования несущей способности комбинированной крепи и повышение устойчивости выработки в зоне опорного давления целесообразно применение ограниченно податливой с переводом в жесткий режим эксплуатации промежуточной анкерной крепи, которая способствует консолидации отдельных малосвязанных слоев пород в единую грузонесущую конструкцию опорной плиты, приближая к устойчивости монолитной толщии пород.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Мартовицкий А.В. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт: монография. Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2012. 384 с.
2. Экспериментальные исследования устойчивости повторно используемых выемочных выработок на пологих пластах Донбасса: монография / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович и др. Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2012. 426 с.
3. Аналитико-экспериментальные исследования повышения устойчивости выемочных выработок и расчет параметров крепежной системы: монография / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович и др. Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2013. 178 с.
4. Kovalevs'ka I., Vivcharenko O., Snigur V. Specifics of percarbonic rock mass displacement in longwalls end areas and extraction workings / Materials of VII International scientific-practical conference "School Underground Mining" / "Mining of Mineral Deposits". Netherlands: CRC Press/Balkema, 2013. P. 29–33.
5. Кириченко В.Я. Металлорамные штрековые крепи нового технического уровня / Материалы IV междунар. науч.-практ. конф. «Школа подземной разработки». Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2010. С. 241–266.
6. Напряженно-деформированное состояние приконтурного угленосного массива / В.Ф. Демин, Д.С. Шонтаев, А.Д. Шонтаев и др. // Уголь. 2020. № 5. С. 63-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-5-63-67.

7. Эффективность использования геомеханической системы «горный массив – анкерное крепление» для повышения устойчивости горных выработок / В.Ф. Демин, В.В. Яворский, Р.А. Мусин и др. // Уголь. 2014. № 2. С. 18-21. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/022014pdf> (дата обращения: 15.01.2023).

8. Смещения контуров подготовительных выработок при геомеханических процессах / В.Ф. Демин, С.Б. Алиев, А.Д. Маусымбаева и др. // Уголь. 2013. № 4. С. 69-72. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042013pdf> (дата обращения: 15.01.2023).

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА: ОТ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ К ЭТИКО- ПРАВОВЫМ ВЫЗОВАМ

КУЗНЕЦОВ А.М., ПУРИКОВ Д.Е.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. Статья посвящена трансформации системы охраны и безопасности труда под влиянием технологий искусственного интеллекта в контексте Индустрии 4.0. Рассматриваются ключевые направления внедрения ИИ: предиктивная аналитика рисков на основе больших данных, компьютерное зрение для мониторинга опасных зон и психофизиологического состояния работников, роботизация опасных производственных задач. Анализируются системные риски, возникающие при цифровизации охраны труда, включая уязвимости кибербезопасности, проблему «черного ящика» алгоритмов, эрозию приватности и правовую неопределенность в вопросах ответственности. Предлагается концепция ответственной интеграции ИИ, базирующаяся на принципе «человек в контуре», требованиях к объяснимости систем и развитии человеческого капитала. Делается вывод о необходимости формирования симбиотической модели взаимодействия человека и машины.

Ключевые слова: искусственный интеллект, охрана труда, предиктивная аналитика, компьютерное зрение, кибербезопасность, этика ИИ, человеко-машинное взаимодействие, Индустрия 4.0.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE OCCUPATIONAL SAFETY SYSTEM: FROM PREDICTIVE ANALYTICS TO ETHICAL AND LEGAL CHALLENGES

KUZNETSOV A.M., PURIKOV D.E.

Ural State Mining University

Abstract. The article is devoted to the transformation of the occupational safety and health system under the influence of artificial intelligence technologies in the context of Industry 4.0. The key areas of AI implementation are considered: predictive risk analysis based on big data, computer vision for monitoring hazardous areas and the psychophysiological state of workers, robotization of hazardous production tasks. The article analyzes the systemic risks arising from the digitalization of occupational safety and health, including cybersecurity vulnerabilities, the problem of the "black box" of algorithms, the erosion of privacy and legal uncertainty in matters of responsibility. The concept of responsible AI integration is proposed, based on the principle of

"man in the loop", requirements for the explainability of systems and the development of human capital. It is concluded that it is necessary to form a symbiotic model of human-machine interaction.

Keywords: artificial intelligence, occupational safety, predictive analytics, computer vision, cybersecurity, AI ethics, human-machine interaction, Industry 4.0.

Введение

Четвертая промышленная революция, определяемая киберфизическими системами, повсеместной цифровизацией и интернетом вещей (IoT), вывела искусственный интеллект в число ключевых драйверов производственной трансформации. Сфера охраны и безопасности труда, традиционно характеризующаяся консервативностью, ретроспективным анализом инцидентов и жестким нормативным регулированием, сегодня переживает фундаментальный сдвиг. Переход от реактивной модели управления рисками к предиктивной (прогнозной) модели становится не просто технологическим трендом, но императивом, позволяющим предотвращать несчастные случаи на этапе их зарождения [1, 2, 3].

Внедрение ИИ в область охраны труда не сводится к простой автоматизации рутинных процессов. Оно затрагивает глубинные основания философии безопасности: изменяет подходы к идентификации опасностей, перераспределяет функции между человеком и машиной, а также порождает новые классы рисков – от киберугроз до этико-правовых коллизий. Цель данной работы – систематизировать направления применения ИИ в сфере безопасности труда, выявить сопутствующие системные риски и предложить принципы ответственной интеграции интеллектуальных систем на основе анализа российских и зарубежных источников.

Основные направления применения искусственного интеллекта в управлении безопасностью труда

Одним из наиболее значимых направлений применения ИИ в охране труда является предиктивная аналитика, основанная на обработке гетерогенных массивов данных. Современные алгоритмы машинного обучения позволяют интегрировать разнородные потоки информации: исторические данные о несчастных случаях и инцидентах, результаты аудитов, данные с датчиков IoT (вибрация, температура, давление, концентрация вредных веществ), показатели с носимых устройств (пульс, температура тела, уровень стресса), а также внешние факторы, включая погодные условия и сейсмическую активность [4]. Результатом такой интеграции становится формирование постоянно обучающихся моделей, способных выявлять сложные цепочки событий, предшествующих авариям.

Вместо традиционного планово-предупредительного ремонта организации получают возможность перейти к обслуживанию по фактическому состоянию (predictive maintenance), что позволяет предотвращать не только аварии, но и значительные финансовые потери. По оценкам McKinsey & Company, использование предиктивной аналитики в тяжелой промышленности снижает время незапланированных простоев на 30-50% и уменьшает затраты на техническое обслуживание на 10-15 %.

Системы компьютерного зрения, интегрированные со стационарными камерами, дронами и носимыми устройствами, превращают процесс наблюдения за безопасностью из эпизодического в непрерывный и объективный. Функциональность таких систем выходит далеко за рамки простого распознавания средств индивидуальной защиты. Как указывается в работах российских специалистов по цифровизации производства, современные алгоритмы способны решать задачи контекстуального анализа: детектировать пересечение виртуальных геозон, анализировать позы работников с целью выявления эргономических рисков, а также оценивать психофизиологическое состояние на основе мимики, направления взгляда и походки [5, 6]. Технология pose estimation, позволяющая отслеживать углы в суставах работника и идентифицировать опасные позы, способна снизить риск развития профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата на 20-25% при условии своевременной обратной связи и корректировки рабочих процессов.

Логичным продолжением технологической эволюции становится передача наиболее рискованных операций роботизированным системам. Промышленные роботы и коботы (коллаборативные роботы) берут на себя выполнение задач в условиях воздействия токсичных веществ, экстремальных температур, высокого давления или радиации. Автономные транспортные средства, управляемые системами ИИ, уже сегодня применяются в горнодобывающей промышленности и на складских комплексах, что позволяет исключить риск травмирования водителей. При этом, как подчеркивается в международных руководствах по промышленной безопасности, внедрение роботизированных систем не означает полного устранения человека, а трансформирует характер труда, требуя от работников новых компетенций в области управления, мониторинга и взаимодействия с интеллектуальными машинами.

Системные риски и этико-правовые вызовы цифровизации охраны труда

Наряду с очевидными преимуществами, интеграция ИИ в систему управления безопасностью порождает комплекс системных рисков, требующих осмысления и управления на уровне организации, отрасли и государства.

Внедрение IoT и ИИ расширяет поверхность для кибератак, превращая каждый подключенный датчик, камеру или контроллер в потенциальную точку входа. Как отмечается в отчетах Агентства по кибербезопасности и инфраструктурной безопасности США (CISA), особую опасность представляют атаки на системы управления технологическими процессами (SCADA), которые могут привести к отключению вентиляции на руднике, изменению параметров химического реактора или перехвату управления автономным транспортом. Особый класс угроз составляют атаки типа «data poisoning» (отравление данных), при которых злоумышленники целенаправленно искажают входные данные, используемые для обучения или работы алгоритмов предиктивной аналитики. Это может привести либо к сокрытию реальной опасности, либо к провокации ложных остановок производства с тяжелыми экономическими последствиями.

Сложные модели глубокого обучения, особенно глубокие нейронные сети, по своей природе являются «черными ящиками»: мы видим результат, но не всегда можем объяснить, на основе каких признаков алгоритм пришел к такому выводу. Эта необъяснимость порождает две противоположные, но одинаково опасные формы поведения. С одной стороны, специалисты по охране труда могут отказываться доверять системе, логику которой они не понимают. С другой стороны, возникает феномен «автоматизированной халатности» (automation bias), когда оператор слепо следует рекомендации алгоритма, отключая собственное критическое мышление [7]. В случае ошибки ИИ такое поведение неминуемо ведет к инциденту, что подтверждается исследованиями в области человеко-машинного взаимодействия, где чрезмерное доверие к автоматизированным системам называется одной из основных причин аварий в авиации, медицине и промышленности.

Постоянный мониторинг с использованием камер, биометрических датчиков и алгоритмов анализа поведения создает эффект «диджитального паноптикума». Это может приводить к хроническому стрессу, тревожности и профессиональному выгоранию даже в физически безопасной среде. Кроме того, данные мониторинга нередко используются не для улучшения условий труда, а для тотального контроля производительности и дисциплинарного воздействия. Особую обеспокоенность вызывает риск необъективного отсеивания сотрудников, которые алгоритмами классифицируются как «склонные к риску» на основе смещенных (biased) или косвенных данных. В российском правовом поле вопрос

о допустимых границах цифрового мониторинга работников остается дискуссионным, что требует выработки четких принципов информированного согласия и минимальной достаточности собираемых данных [8].

Одним из наиболее сложных вызовов является размывание классической дихотомии «работодатель – работник» с появлением третьей, неодушевленной стороны – искусственного интеллекта. Кто несет ответственность, если решение, предложенное ИИ, привело к несчастному случаю? Возможные ответы порождают множество правовых коллизий. Это может быть разработчик алгоритма (если в коде или архитектуре была фундаментальная ошибка), интегратор системы (при неправильной настройке или недостаточном обучении персонала), работодатель (как конечный пользователь, обязанный обеспечить безопасную эксплуатацию) или сам сотрудник (если он вопреки корректной рекомендации ИИ поступил иначе). Существующее трудовое и гражданское законодательство большинства стран, включая Российскую Федерацию, не содержит однозначных ответов на эти вопросы, что создает правовой вакуум и риски для всех участников производственных отношений [9, 10].

Примечательной особенностью внедрения ИИ является смещение акцента с традиционных физических рисков на психосоциальные. Постоянное взаимодействие с алгоритмами, необходимость непрерывного обучения и переквалификации, страх технологической безработицы, ощущение потери контроля и автономии – все это формирует новые классы угроз, которые пока не находят адекватного отражения в системах управления профессиональными рисками.

Стратегия ответственной интеграции: от технологического детерминизма к гуманистическому подходу

Реализация потенциала ИИ в сфере безопасности труда возможна лишь на основе сбалансированного, системного и междисциплинарного подхода, учитывающего как технические, так и социально-гуманитарные аспекты.

Ключевым философским принципом должна стать концепция «человека в контуре» (Human-in-the-Loop), согласно которой ИИ рассматривается как инструмент поддержки принятия решений (decision support system), а не как автономный субъект, замещающий человека. Критические решения – остановка производства, эвакуация, оказание медицинской помощи – должны оставаться прерогативой человека, которому ИИ предоставляет аргументированные и объяснимые рекомендации. Данный подход находит отражение в международных стандартах по функциональной безопасности (IEC 61508) и рекомендациях Европейского агентства по безопасности и гигиене труда (EU-OSHA).

Безопасность систем ИИ должна быть заложена на этапе проектирования (security by design) и поддерживаться на протяжении всего жизненного цикла. Это предполагает регулярное проведение пентестов, сквозное шифрование данных, использование технологий распределенного реестра для обеспечения целостности журналов событий, а также создание избыточных, резервных систем, способных взять на себя управление в случае сбоя или атаки на основную систему ИИ.

Необходима активная работа регуляторов, профсоюзов и бизнеса по формированию отраслевых и государственных стандартов, регламентирующих использование ИИ в сфере охраны труда. Критически важными направлениями являются внедрение принципов информированного согласия и минимальной достаточности при сборе персональных данных, законодательное закрепление требований к объяснимости (Explainable AI – XAI) для систем, влияющих на жизнь и здоровье работников, а также четкое распределение ответственности между разработчиком, интегратором и работодателем [11, 12]. В российской практике позитивным шагом в этом направлении можно считать утверждение «Кодекса этики в сфере искусственного интеллекта» (2021 г.), однако его положения носят рекомендательный характер и не охватывают специфику трудовых отношений. Дальнейшее развитие законодательства должно учитывать международный опыт, включая разработки Европейского союза в области регулирования искусственного интеллекта (AI Act) [13].

Вместо следования логике технологической безработицы стратегия должна быть направлена на переквалификацию и повышение квалификации сотрудников. Специалисты по охране труда должны трансформироваться в «цифровых офицеров безопасности», способных работать с аналитическими платформами, интерпретировать данные и управлять рисками в гибридной среде. Рабочие и операторы, в свою очередь, нуждаются в обучении навыкам взаимодействия с коботами, пониманию логики предупреждений ИИ и развитию критического мышления в условиях автоматизации.

Внедрение систем ИИ не должно осуществляться по модели «большого взрыва». Оптимальной является стратегия поэтапного пилотирования на наименее критичных участках с последующим масштабированием. При оценке эффективности целесообразно использовать сбалансированную систему показателей, включающую не только экономические метрики (снижение частоты инцидентов, сокращение простоев), но и социальные индикаторы (уровень удовлетворенности трудом, индекс стресса, лояльность персонала).

Заключение. Искусственный интеллект открывает беспрецедентные возможности для трансформации системы охраны труда, обеспечивая переход от культуры реагирования

к культуре предвидения и, в перспективе, к упреждающей безопасности. Однако эти возможности могут быть реализованы лишь при условии преодоления технологического детерминизма и выстраивания целостной экосистемы, в которой технические инновации уравновешены развитием правового поля, этическими принципами, инвестициями в человеческий капитал и устойчивой кибербезопасной инфраструктурой.

Будущее безопасности труда лежит не в противопоставлении человека и машины, а в их синергии. В этой новой реальности искусственный интеллект выступает как мощный усилитель человеческих способностей к анализу и предвидению, а человек привносит в систему мудрость, критическое мышление, этику и, что наиболее важно, окончательную ответственность за принятые решения. Именно такой альянс способен сделать труд не только безопасным, но и по-настоящему человеческим в эпоху цифровой трансформации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция // М.: Эксмо. – 2022. – 208 с.
2. Кузнецов А.М., Пуриков Д.Е. Цифровая трансформация охраны труда // Безопасность технологических процессов и производств. Труды VII Международной научно-практической конференции, в рамках XXIII Уральской горно-промышленной декады. – 2025. – С. 48-52.
3. 2 Ефименко И.А., Минаева И.А. Цифровая трансформация охраны труда: вызовы и перспективы // Инновационные научные исследования. – 2025. – № 4-2(58). – С. 76-84.
4. 3 Lee J., Bagheri B., Kao H.A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – P. 18-23.
5. 6 Юрьев С.С., Газя Г.В. Применение системы компьютерного зрения для автоматического контроля безопасного производства работ // Вестник науки №6 (87) том 2. – 2025. – С. 433-439.
6. 7 Волошина И.А., Перова И.Т., Тхоржевская А.Р. Применение технологий искусственного интеллекта в деятельности организаций: масштабы, влияние на профессии, риски // Креативная экономика. – 2024. – Т. 18, № 12. – С. 3285-3310.
7. 13 Parasuraman R., Manzey D.H. Complacency and Bias in Human Use of Automation: An Attentional Integration // Human Factors. – 2010. – Vol. 52, No. 3. – P. 381-410.
8. 16 Филипова И.А. Трудовое право: вызовы информационного общества // Право. Журнал Высшей школы экономики – 2020. – № 2. – С. 162-182.
9. 17 Chesterman S. Through a Glass, Darkly: Artificial Intelligence and the Problem of Opacity // National University of Singapore Working Paper. – 2020. – No. 1. – P. 1-18.

10. 18 Чемерчев Д.В. Ответственность за вред, причиненный с использованием искусственного интеллекта: проблемы и решения // Вестник ВИПК МВД России. – 2025. – № 4 (76). – С. 111-117.
11. 23 Floridi L., Cowls J. A Unified Framework of Five Principles for AI in Society // Harvard Data Science Review. – 2019. – Vol. 1, No. 1. – P. 1-15.
12. 24 Лобачёва А.С., Соболев О.В. Этика применения искусственного интеллекта в управлении персоналом // E-Management. – 2021. – Т. 4, № 1. – С. 20-28.
13. 25 Николаев Н.А., Касаткин Н.А., Гельдибаев М.Х. AI Акт Еврокомиссии как первый регламент об использовании нейросетей // Закон и право. – 2024. – № 8. – С. 279-283.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ В ШАХТЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАССЛЕДОВАНИЯ АВАРИЙ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

ЛОНСКИЙ О. В., СИДОРОВ В. А.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Аннотация. Целью работы является рассмотрение вопросов обеспечения безопасности конвейеров в руднике по результатам расследования аварий и несчастных случаев. Работа выполнялась на базе горных участков одного из калийных рудников. Для транспортирования больших объемов стабильных по направлению, однородных по содержанию и непрерывных по подаче грузов наиболее эффективными являются транспортные средства непрерывного действия – ленточные конвейеры.

Обзор литературы и натурные исследования в реальных условиях эксплуатации ленточных конвейеров, что аварийные ситуации и несчастные случаи на конвейерах выявляют недостатки их конструкции и неудобства эксплуатации и ремонта. Это приводит к необходимости совершенствования конструкции и улучшения процесса эксплуатации и ремонта конвейеров. В работе приведены девять случаев различных технических и организационных проблем и пути реального их решения на производстве.

Ключевые слова: конвейер, модернизация, датчик, лента, барабан, ролик, шахта, авария несчастный случай.

MODERNIZATION OF CONVEYOR BELTS IN THE MINE BASED ON THE RESULTS OF THE INVESTIGATION OF ACCIDENTS AND ACCIDENTS AT WORK

LONSKY O. V., SIDOROV V. A.

Perm National Research Polytechnic University

Abstract. The purpose of the work is to consider the safety of conveyors in the mine based on the results of the investigation of accidents and accidents. The work was carried out on the basis of mining sites of one of the potash mines. To transport large volumes of stable in direction, homogeneous in content and continuous in the supply of goods, the most effective are continuous vehicles - belt conveyors.

Review of the literature and on-site studies in real operating conditions of belt conveyors that emergencies and accidents on conveyors reveal their design flaws and inconveniences of operation and repair. This leads to the need to improve the design and improve the process of

operation and repair of conveyors. The paper contains nine cases of various technical and organizational problems and ways of their real solution in production.

Keywords: conveyor, modernization, sensor, belt, drum, roller, mine, accident accident.

Целью работы является рассмотрение вопросов обеспечения безопасности конвейеров в руднике по результатам расследования аварий и несчастных случаев. Работа выполнялась на базе горных участков одного из калийных рудников. Для транспортирования больших объемов стабильных по направлению, однородных по содержанию и непрерывных по подаче грузов наиболее эффективными являются транспортные средства непрерывного действия – ленточные конвейеры.

Для доставки калийной руды от комбайна до главного бункера в руднике используются 8 и более километров ленточных конвейеров (конвейерных линий). Длина каждого конвейера до 1,2 километра и более. В результате длительной работы конвейеров периодически происходят аварии, аварийные ситуации (инциденты), несчастные случаи с рабочими, которые их эксплуатируют и обслуживают. По результатам расследования этих случаев принимаются технические и организационные решения для исключения их возникновения в дальнейшем.

Основные нормативные требования безопасности при использовании ленточных конвейеров представлены в ФНП Правила безопасности....[1] и в Правилах по охране труда[2].

В литературе приводятся примеры технических решений, которые позволяют предотвращать аварийные ситуации и несчастные случаи при работе конвейеров.

Так Горбунова Л.Н., Либерман Я.Л. предлагают оригинальное натяжное устройство для ленточного конвейера для исключения проскальзывания ленты, которое может приводить к пожару [3]. Дмитриева В. В., Собянин А. А., Сизин П. Е. предлагают алгоритм останова конвейера, который также уменьшает проскальзывание ленты конвейера и сокращает время останова привода. [4].

Юрченко В.М. в своей статье предлагает применение на ленточных конвейерах трудногорючих конвейерных лент, устройств контроля работы, средств автоматического управления и другие технические решения [5]. Фешин Б.Н., Каланов Н.Н. анализируют существующую полевую систему управления конвейером и предлагают дополнить ее системой автоматического контроля, что повысит надежность работы конвейера [6]. Малашкина В.А., Перекатов С.С. анализируют факторы загорания на ленточных конвейерах при этом подчеркивают, что чаще всего возгорания происходят на приводных станциях и при заклинивании поддерживающих роликов [7]. Егоров А.В. и др. обосновывают динамический метод контроля массы породы на конвейере [8]. Саратбабу

Горипарти Н. В. и др. предлагают минимизацию удельной энергии системы привода ленточного конвейера с использованием прямого управления [9]. Кэ Цянь предлагает оригинальную технологию запуска и торможения нисходящего ленточного конвейера. [10]. Уормот Ф.Д. и др. предлагают создавать ленточные конвейеры с использованием воздушной подушки, что исключает трение ленты о поддерживающие ролики. [11]

Автором в работе [12] рассмотрен несчастный случай, который произошел в ночное время, на производственной территории ООО «Горная компания». Работник предприятия — машинист конвейера М.В. Иванов был затянут за руку под натяжной барабан конвейерной ленты конвейера специального СМД-151-60 (рисунок 1).



Рисунок 1 - Машинист конвейера, затянутый под натяжной барабан

В данной работе рассмотрены ряд технических и организационных решений, которые пришлось внедрять на ленточных конвейерах в руднике в связи и с произошедшими на них аварийными ситуациями и несчастными случаями.

Первый случай

На участковом конвейере КЛМ-1200 при сходе ленты с натяжного барабана, произошло трение ленты об заводской (штатный) защитный кожух. Причиной схода ленты могло быть сломанный ролик, большой поток руды, малое натяжение ленты, кривой стык ленты, износ футеровки барабана.

В результате образовалась резиновая стружка которая начала гореть в следствие чего загорелась лента. Загорание потушили. С целью исключения подобных случаев поставили датчики КСЛ-2М схода ленты в двух сторон на натяжном и приводном барабане и расширили защитные заводские кожуха. При срабатывании датчика конвейер останавливается. Раньше применялась легковоспламеняющаяся лента. Со временем перешли к тяжеловоспламеняющей (трудновоспламеняющиеся) ленте типа 2Ш.

Второй случай

При разгрузке руды самоходным вагоном в бункер упал забурник, который, выпав из аккумулирующего бункера практически под прямым углом пробил конвейерную ленту и сделал продольный порез ленты на 300 м.

Конвейер остановили успели заметить порез при осмотре. Ленту отремонтировали.

С целью исключения подобных случаев сделали выход из аккумулирующего бункера, из которого руда сыплется на ленту конвейера, под углом под углом 120 градусов по отношению к ленте конвейера.

Третий случай

При поломке ролика напополам произошло трение ленты об острые края ролика в следствие чего образовалась резиновая стружка которая начала тлеть. Возгорание потушили.

Организационные мероприятия. Замена поддерживающих роликов при малейших в их дефектах (потёртость ролика, выпадение из ролик опоры, заклинивание ролика и т.д.). Закупка более качественных поддерживающих роликов, например: Фирмы ООО «Кронос-К" г. Новосибирск или ООО ККС г. Калуга и т.д. их испытание в реальных условиях работы.

Четвертый случай

При чистке бункера включился конвейер и работника засыпало рудой. Он получил легкие травмы. На двери бункера установили магнитоконтактный датчик (геркон) двери. При открытии двери конвейер останавливается (рисунок 2).



Рисунок 2 - Магнитоконтактный датчик (геркон)

Пятый случай

В результате работы двух бригад на одном конвейере, произошел несчастный случай. Одна бригада производила ремонт аккумуляторного бункера, а другая не убедившись в безопасности, запустила конвейер. В итоге работника затянуло под аккумуляторный бункер по ленте, работник был травмирован.

Для исключения подобных случаев была внедрена система ЛОТО, которая заключается в том что, при отключении источника питания оборудования пускатель блокируется на время проведения работ по техническому обслуживанию или выполнению ремонта. Раньше не блокировали.

Право блокирования имеют все, кто работает на данном конвейере без исключения.

Порядок работы такой. Сначала надо позвонить диспетчеру и узнать можно ли брать конвейера в ремонт. Далее выключаются пускатели и блокируются замками и вывешивается аншлаг «НЕ ВКЛЮЧАТЬ РАБОТАЮТ ЛЮДИ». Все ключи от замков, которыми заблокировали пускатели, убираются в специальный красный ящик и его тоже закрывают именным замком. Делается запись в оперативном журнале кто и для чего взял конвейер в ремонт, ставится дата, время и подпись. После окончания работы снимаются замки делается запись в журнале и отдается конвейер диспетчеру (рисунок 3).



Рисунок 3 - Пускатель с заблокирован замком

Шестой случай

При работе на конвейере для взаимодействия между напарниками не было связи и приходилось бегать по конвейерной выработке или кричать для передачи оперативной информации, что приводило к ошибкам в работе конвейерщиков.

Для устранения проблемы на конвейере были установлены через каждые 100 м пульты громкой связи ПГС (рисунок 4).



Рисунок 4 - Пульт громкой связи

Седьмой случай

На участковых конвейерах не было автоматической системы пожаротушения.

Возгорания приходилось тушить огнетушителями. Установили автоматические системы пожаротушения ОПАН-100.

Восьмой случай

При ремонте стыка или ремонта ленты рабочие травмировали колени. Организована выдача дополнительных СИЗ - наколенников.

Девятый случай

Работник включил реверсивное движение конвейера в результате чего засыпало натяжную станцию.

Для исключения в дальнейшем подобной аварийной ситуации установили датчик дискретной заштыбовки (ДЗ-0102/ ДЗ-7002) на натяжной барабан.

Вывод

Обзор литературы и натурные исследования в реальных условиях эксплуатации ленточных конвейеров показали, что аварийные ситуации и несчастные случаи на конвейерах выявляют недостатки их конструкции и неудобства эксплуатации и ремонта. Это приводит к необходимости совершенствования конструкции и улучшения процесса эксплуатации и ремонта конвейеров. В работе приведены девять случаев различных технических и организационных проблем и пути реального их решения на производстве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ФНП Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых. Приказ Ростехнадзора РФ от 8 декабря 2020 г. N 505.ФЗ : в ред. от 29 июля 2018 г. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 ноября 2020 г. N 814н: в ред. от 29.04.2025 г. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Горбунова Л.Н., Либерман Я.Л. Повышение безопасности ленточных конвейеров Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. №3 (10), 2011с.4-8
4. Дмитриева В. В., Собянин А. А., Сизин П. Е. Алгоритм останова конвейера с предварительным торможением хвостового барабана // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 2. – С. 93–104.
5. Юрченко В.М. Пожарная безопасность ленточных конвейеров: проблемы и решения. – Горное оборудование и электромеханика. №7, 2015. с. 22
6. Фешин Б.Н., Каланов Н.Н. Задачи исследования систем контроля и управления магистральным конвейером рудника Нурказган.- АВТОМАТИКА. ИНФОРМАТИКА. №1 2020 с. 40-46
7. Малашкина В.А., Перекатов С.С. Анализ факторов, определяющих возгорание на шахтных ленточных конвейерах на ранней стадии.- Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 11. С. 184-189.
8. Егоров А.В., Спиридонов А.А., Клейменов С.В., Смикулис Ю.Е., Игнатьев А.В., Степанова К.С. Динамические методы контроля механических параметров ленточных конвейеров Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2021. № 3. С. 103-110
9. Sarathbabu Goriparti N. V., Murthy Ch. S. N., Aruna M. Minimization of specific energy of a belt conveyor drive system using space vector modulated direct torque control // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019, vol. 8, no. 4, pp. 505—511.
10. Ke Qian Key Technology of starting and braking for downward belt conveyor with large inclination // Mine Engineering. 2020, vol. 8, no. 4, pp. 451—454. DOI: 10.12677/ME.2020.84056.
11. Патент № RU 2746417 C2 Ленточные конвейеры на воздушной подушке, системы и способы их использования №2019111158;заявл. 15.09.2017; публик. 13.04.2021/ Уормот Ф.Д., Нильссон Б.А., Беннетт С.Б Патентообладатели: Брукс Роквуд, ЛЛК.
12. Лонский О.В., Лискова М.Ю. Проблемы безопасности на дробильно-сортировочных фабриках карьеров по результатам судебных технических экспертиз. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 3-1. С. 116-126.

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГОРНЫХ УДАРОВ НА ШАХТАХ АО «СУБР»

ЛОТФУЛЛИН А.К., ЕЛОХИН В. А.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. Первый горный удар произошел на месторождении «Красная Шапочка» в 1970 году, а спустя несколько лет было начато систематическое исследование проявлений горного давления на шахтах рудника, так как в тот же период Госгортехнадзором СССР залежи были отнесены к опасным по горным ударам. Были разработаны регламенты по прогнозированию горных ударов на шахтах АО «СУБР» и методы их предотвращения. Всего на шахтах АО «СУБР» за период с 1970 г. по 2025 г. произошло 420 горных ударов.

Истинными факторами, необходимыми и достаточными для проявления горных ударов в породном массиве месторождения и очистных выработках шахт СУБР являются:

- высокий начальный уровень максимальной компоненты напряжений;
- трансформация поля напряжений в сторону большей неоднородности поля;
- широкий спектр ориентировок тектонических нарушений и ослаблений массива;
- различный начальный угол трения по контактам плоскостей ослаблений;
- проникновение воды в плоскости ослаблений;
- достаточная протяженность соответствующих тектонических швов.

Ключевые слова: СУБР, горное давление, горный удар, деформации, энергия, аномалии данных, прогноз, удароопасность.

CAUSES OF ROCK BURST OCCURRENCE IN THE MINES OF JSC «SUBR»

LOTFULLIN A.K., ELOKHIN V.A.

Ural State Mining University

Abstract. The first rock burst occurred at the Krasnaya Shapochka deposit in 1970. A few years later, a systematic study of rock burst manifestations in the mine shafts began, as the USSR State Mining and Industrial Supervision Authority (Gosgortekhnadzor) had classified the deposits as hazardous for rock bursts during that same period. Regulations for predicting rock bursts at JSC SUBR mines and methods for their prevention were developed. A total of 420 rock bursts occurred at JSC SUBR mines between 1970 and 2025.

The true factors necessary and sufficient for the occurrence of rock bursts in the rock mass of the deposit and stopes of the SUBR mines are:

- high initial level of the maximum stress component;
- transformation of the stress field toward greater field heterogeneity;
- a wide range of tectonic fault orientations and massif weaknesses;
- different initial friction angles at the contact planes of weakness;
- water penetration into the planes of weakness;
- sufficient length of the corresponding tectonic joints.

Key words: SUBR, rock pressure, rock burst, deformations, energy, data anomalies, forecast, rock burst hazard.

Современный этап развития горного производства проходит при резком ухудшении горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождений, связанных с увеличением глубины горных работ, ростом напряженного состояния массива, необходимостью при проектировании учета нарушенности пород, обводненности, газоносности и температуры массива, геодинамических проявлений горного давления, горных ударов [1].

Согласно данным Ростехнадзора, материалам технического расследования причин аварий за последние 5 лет основными причинами аварий являются нарушение технологии ведения работ (50 % случаев от общего числа аварий) неудовлетворительная организация производства работ (25 % случаев) и низкий уровень производственного контроля (25 % случаев).

В соответствии с Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, месторождения АО «СУБР» отнесены к месторождениям сложного геологического строения.

Учитывая наличие горных факторов (горно-геологические условия, глубина ведения работ 1400 метров), работа на шахтах АО «СУБР» сопровождается значительным количеством проблем в горном производстве, влияющих как на техническую, так и на экономическую эффективность и ограничивающих экономический рост.

Во-первых, 70 % всех добычных работ на руднике ведется с применением камерно-столбовой системы разработки. Ее применение обусловлено рядом преимуществ: простая технологическая схема добычи и наличие фронта очистных работ, что делает ее одной из наиболее производительных систем, а также обеспечивает эффективное использование самоходного оборудования. При этом в связи с постепенным увеличением глубины ведения работ ее применение вызывает трудности, обусловленные возможностью пород выдерживать нарастающее давление и растущими потерями при увеличении размеров целиков. Так, показатели потерь, по оценкам, достигают 18-20 % или даже 40-60 %, заметно снижая экономические результаты на больших глубинах.

Во-вторых, исследования показывают, что «различные горно-геологические условия (невыдержанная мощность залежи, неравномерное оруденение, тектоническая нарушенность, различные физико-механические свойства руд и вмещающих пород) и горно-технические условия (взаимное влияние очистных работ, порядок ведения горных работ, оставление целиков, большие площади обнажения кровли, повышенная изрезанность рудного массива) приводят к перераспределению напряжений в массиве и, как следствие, к возникновению горных ударов».

Решение проблемы горных ударов является для АО СУБР особенно актуально, так как в соответствии с планом ведения работ их глубина будет увеличена до 2000 метров, что является рекордным показателем для России и поэтому не имеет аналогов. Однако непосредственное увеличение глубины не является определяющим фактором сложности горного производства. При переходе на глубокие горизонты особого внимания заслуживает исследование деформационного поведения породного и рудного массива, ведущее к горным ударам, так как применяемые сегодня методы управления горным давлением, эффективность которых доказана на верхних горизонтах, не обеспечивают соблюдения требований безопасности при переходе на более глубокие горизонты. Это будет являться ограничением экономического роста горного производства и горно-металлургической компании.

Первый горный удар произошел на месторождении «Красная Шапочка» в 1970 году, а спустя несколько лет было начато систематическое исследование проявлений горного давления на шахтах рудника, так как в тот же период Госгортехнадзором СССР залежи были отнесены к опасным по горным ударам. Были разработаны регламенты по прогнозированию горных ударов на шахтах АО «СУБР» и методы их предотвращения.

Информация о числе горных ударов на шахтах АО «СУБР» по мере увеличения глубины ведения работ представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Частота проявления горных ударов на шахтах АО «СУБР» на различной глубине работ (ГПР – горно-подготовительные работы, ГKR – горно-капитальные работы)

В зависимости от принятой системы разработки и вида работ статистика по горным ударам представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Число горных ударов за период 1970–2025 г.

Год	Система разработки запасов			Вид работ		Всего
	Камерно-столбовая	Слоевого обрушения	С закладкой	Подготовительные	Капитальные	
1970-1980	30	15	21	13	8	87
1981-1990	65	23	24	34	15	161
1991-2000	71	2	2	17	2	94
2000-2025	26	4	4	18	8	60
Итого	192	44	51	82	33	402

Причины появления горных ударов обусловлены двумя факторами – деформацией земной коры в целом и ведением горных работ, а также их совместным влиянием. При отработке полезного ископаемого эти факторы не просто влияют на ведение горных работ в разной степени, но еще и накладываются друг на друга, вызывая новые эффекты. Также сложность прогнозов геодинамических событий подтверждается и исследованиями их повторяемости, согласно которым ситуация на шахтах АО «СУБР» отличается от той, которая могла бы быть предсказана по имеющимся законам геодинамики.

Анализ современной ситуации на АО «СУБР» свидетельствует о ее уникальности, оказывающей непосредственное влияние на экономический рост горнорудного производства. С одной стороны, спрос на бокситы обуславливает необходимость увеличения добычи минерального сырья. С другой стороны, сложные условия горного производства (понижение горизонтов ведения работ до рекордных показателей в сочетании со сложными геологическими условиями) определяют высокую опасность добычи на шахтах АО «СУБР», что требует высоких затрат на минимизацию рисков.

В совокупности данные факторы предопределяют необходимость разработки экономического подхода к обеспечению ведения работ с целью соблюдения требуемых объемов добычи руды с соблюдением требований промышленной безопасности.

Любое разрушение в массиве — это сложный процесс, причиной которого является пара взаимодействующих сил и наличие ослаблений в массиве. Поэтому в процессе наблюдения за деформированием горного массива на месторождениях приходится принимать во внимание несколько одновременно действующих факторов или переменных физических величин.

При разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом с понижением горных работ, как правило, возникают проблемы удароопасности горного массива. Нормативные документы предписывают, что склонность к горным ударам и глубину отнесения месторождения необходимо устанавливать на стадии изысканий и проектирования [1].

Склонность массивов горных пород к горным ударам определяется упругими и прочностными параметрами горных пород, параметрами микротрещиноватости пород, параметрами естественной трещиноватости (размер отдельности, раскрытия трещин, количество систем трещин, угол наклона к обнажению), параметрами тектонических разломов и их расположением.

Кроме того, при образовании выработанного пространства происходит перераспределение естественного напряженного состояния с существенным повышением его вблизи открытых поверхностей горного массива. Помимо этого, при образовании полостей в горном массиве используются взрывные работы, которые приводят к образованию вблизи обнажения зоны заколов и зоны взрывных остаточных напряжений.

Важным параметром месторождения, опасного по горным ударам, является критическая глубина, т.е. глубина от земной поверхности, с которой при производстве горных работ возникают горные удары, или установлена категория «Опасно», что соответствует напряженному состоянию массива в приконтурной части выработки, при котором может произойти горный удар.

С увеличением расстояния от земной поверхности напряженное состояние горного массива увеличивается и горные удары происходят при ведении взрывных работ (около 60 %) и бурении (около 25 %), т.е. при динамическом воздействии на горный массив. При горном ударе, как правило, происходит толчкообразное смещение массива в глубине [3, 4] и выброс горного массива в сторону выработанного пространства. При этом энергия горного удара складывается из энергии упругих деформаций разрушающейся части горного массива и энергии, выделяющейся из прилегающих пород [3, 4]. При горном ударе задействуется массив горных пород с радиальным расстоянием от контура выработки, существенно превышающем установленный размер зоны заколов.

С увеличением коэффициента поперечной деформации сжимающая нагрузка компенсируется боковым распирающим давлением пород. Наиболее частые удароопасные ситуации (динамическое заколообразование) наблюдаются при наличии систем трещин, перпендикулярных обнажениям выработок. Согласно данным [3, 4], в массивах горных пород с большим размером отдельностей величина горного давления больше, значит, вероятность горного удара выше.

С началом эксплуатации месторождения возникает дополнительное наложение различных по характеру деформаций массива, в которых по-прежнему важную роль играет тектоническая «наследственность».

Сам процесс перераспределения горного давления обычно протекает в несколько стадий:

- упругое деформирование массива;
- неупругое плавное деформирование массива без разрушения;
- неупругое динамичное деформирование массива с его разрушением.

Две последние стадии деформирования породного массива чаще всего проходят в альтернативном виде, но иногда могут дополнять друг друга. Обычно в одних природных (тектонических) условиях происходит плавное деформирование массива по ряду разноориентированных плоскостей ослаблений (трещин, тектонических нарушений). В других природных условиях происходит разрушение небольшого объема пород, примыкающего к плоскости сдвиговых деформаций (или шву нарушения). Разделительным барьером между двумя типами неупругого деформирования массива является сила сцепления и сила трения по контакту берегов тектонического шва, зависящие от шероховатости плоскостей шва и их прямолинейности, т.е. от морфологии тектонического шва и его мощности. Характеристикой условий сцепления и трения по контактирующим крыльям нарушения является угол сцепления и начальный уровень сцепления.

При угле трения по контакту, согласно методического подхода Г.Л. Фисенко, Кука и Брея [2], до 10° происходит плавное перемещение по контактирующим берегам нарушений горного массива. При углах трения от 15° до 25° происходит дискретное динамичное перемещение берегов нарушения. При этом оказывается, что с увеличением угла трения растет и амплитуда взаимного перемещения одного крыла нарушения относительно смежного в центральной подвижной части шва нарушения. В интервале углов трения по контакту от 10° до 15° деформирование имеет промежуточный характер или происходит небольшими порциями без значительных разрушений пород, прилегающих к плоскости шва нарушения, и создает дополнительную систему трещин, секущую контактную область шва.

Подвижность берегов одного из нарушений обязательно приводит к подвижности, приуроченной к нему системы плоскостей нарушений более мелкого ранга, т.е. к междублочной подвижности массива в ограниченном объеме пород. Кроме того, в процессе подвижки крыльев нарушения могут появиться и новые оперяющие разрывы или трещины. Последний случай разрушения массива есть не что иное, как проявление динамического разрушения горного массива. Поэтому часто употребляемый термин «горный удар» может быть расшифрован так — это быстро протекающее физическое явление, при котором происходит разрушение массива в результате взаимного перемещения соседних областей. Для дальнейших рассуждений вполне подходит следующее определение:

Динамический характер перемещении одной части породного массива относительно смежной и взаимного перемещения смежных участков массива вдоль плоскости тектонического нарушения, базируются на следующих факторах:

- ориентировка главных напряжений в конкретной области массива по отношению к плоскости ослабления (нарушения) массива;
- уровень главных компонент напряжений и неоднородность поля напряжений;
- сила сдвига и сила сцепления по ослабленной плоскости междублочного контакта;
- угол сцепления по контакту и начальный уровень сцепления;
- протяженность плоскости нарушения с установленными параметрами распределения напряжений и условий контакта крыльев дизъюнктива (сместителя);
- трансформация (перераспределение) поля напряжений в связи с созданием очистных пространств или подвижностью массива в плоскости тектонического шва.

Для рудных месторождений Урала характерно следующее:

- начальная ориентация максимального главного напряжения редко совпадает с плоскостями многочисленных ослаблений породного и рудного массива, т. е. с плоскостями нарушений, с плоскостями расщепления или с плоскостями кливажа;

- до начала горных работ на всех уральских рудных месторождений существует неоднородное поле напряжений с преобладанием горизонтальной компоненты напряжений начиная с глубины выветренной зоны пород;

- добычные работы на рудных и угольных месторождениях обычно приводят к еще большей неоднородности поля напряжений и переориентировке векторов главных компонент напряжений относительно их начального положения.

- в зависимости от тектонических и физико- химических процессов в породном массиве с момента, предшествующего образованию залежи до настоящего времени, в массиве существует множество плоскостей ослаблений различной ориентации. Наиболее слабые из них выполнены глиной трения, милонитом, гематитом, серицитом, тальком, хлоритом и т.д. Менее ослабленные плоскости выполнены кальцитом и аргиллитом. Самые прочные плоскости шва заполнены кварцем, сульфидами.

- влага в плоскостях ослаблений или проникающая сверху в шов вода значительно изменяют углы сцепления по контакту нарушений в сторону их уменьшения.

Все перечисленные моменты имеют место на шахтах СУБРа и на других рудных месторождениях с развитой тектоникой и ослабленными заполнителями швов, представленных такими материалами как: глина трения, милонит, серицит, кальцит, гематит и даже аргиллит.

При кварцевом заполнителе шва вода для снижения угла трения по контакту и уровня начального сцепления играет незначительную роль. Для многих же заполнителей шва нарушения наличие влаги уменьшает угол сцепления по контакту. Например, у глинистых аргиллитовых заполнителей угол сцепления уменьшается с 12 до 5.

На тех месторождениях, где спектр сочетаний довольно широкий, первоначально происходит упругое деформирование породного массива, а затем протекают обе стадии неупругого деформирования с возникновением горных ударов, толчков и мощных горно- тектонических ударов.

Два последних физических процесса деформирования породного массива происходят на удалении от очистного пространства, и чаще всего они недоступны для визуального изучения. Однако, при последующем вскрытии горными работами породного массива с ранее фиксированной динамической подвижкой по нарушению в данной области хорошо прослеживается зональность разрушения массива.

Объем разрушенной примыкающей к плоскости нарушения породной зоны пропорционален амплитуде взаимного перемещения крыльев по шву нарушения, установленной после многих динамических явлений на одной из шахт СУБРа. При этом сама амплитуда перемещения по плоскости нарушения пропорциональна длине подвижной

части шва. Подвижная или активная часть шва обычно имеет признаки унаследованного характера перемещения и связана с палеогеодинамическими процессами в массиве месторождения, т.е. с интенсивностью тектонических подвижек в массиве с периода, предшествующего образованию залежи. Динамические процессы взаимного перемещения по шву нарушения с ощутимым разрушением массива происходят только начиная с некоторой пороговой протяженности активной части сместителя. Так например, в условиях СУБРа сейсмологами из Института Физики Земли была установлена пороговая (минимальная) длина шва нарушения, с которой возможна интенсивная динамическая подвижка с заметным на глаз объемом разрушения породного участка, которая соответствует сейсмической энергии 102 Дж. При таком классе явлений протяженность зоны разрушения вдоль шва нарушения достигает 10-12 м, а глубина зоны разрушения в направлении перпендикулярном вектору перемещения вдоль сместителя достигает 0,3 м.

В активной части нарушения после динамического явления всегда выявляются две зоны сдвигового разрушения массива и две зоны разрушения по отрывным трещинам. Если взаимное перемещение блочной структуры происходит по контакту рудного тела с вмещающими породами, как например на СУБРе, то кровля из-за дополнительной трещиноватости становится настолько ослабленной, что не поддается поддержанию в естественном состоянии даже с помощью крепи.

В шахте всегда возможно определить механизм плавной или дискретной подвижки контактирующих породных блоков и оценить действующие физические факторы, вызвавшие неупругую деформацию на участке породного массива. После завершения динамической подвижки по шву на обоих крыльях дизъюнктива всегда видны следы подвижки на плоскостях шва в виде мелких или крупных борозд скольжения. Обладая информацией, включающей направленность вектора подвижки крыльев сместителя и значения угла сцепления по контакту шва до начала подвижки крыльев, установленной опытным путем, а также значения амплитуды подвижки крыльев нарушения, всегда можно определить уровень действовавших до начала процесса движения напряжений в породном массиве. Значит по реакции породного массива на действующие силы в пределах локальных участков всегда можно оценить поведение массива в большем объеме.

В геолого-тектоническом аспекте Североуральские бокситовые месторождения являются частью пологопадающей на восток тектонической пластины, ограниченной двумя глубинными надвигами. Один из них (восточный) Крутоловско-Коноваловский надвиг подсечен буровыми работами и хорошо изучен [6, 7]. По сейсмическим данным этот разлом прослеживается в меридиональном направлении более 250 км. Он представлен мощной зоной (до сотен метров) милонизированными и брекчированными породами с зеркалами

скольжения на многих плоскостях. В верхней части толщи падение надвига крутое, на глубине 5 км - пологое. В северной части надвиговой зоны геологами были отмечены современные подвижки надвигового характера.

Указанная тектоническая пластина не является монолитной, а разбита на множество секторов крутопадающим сдвиговыми нарушениями северо-восточного простирания. Детальная изученность бокситовой залежи показывает, что в настоящий период она является частью надвиговой разломной зоны, рассекающей массив в меридиональном направлении и возникшей как результат крупномасштабных перемещений нижнего крыла Крутоловско-Коноваловского надвига относительно смежного западного надвига в западном направлении, и амплитуда перемещения его висячего крыла относительно лежащего по сейсмическим данным составляет 5-7 км.

В свою очередь, тектонически сформированная как надвиг (раздвиговая зона трансформировалась в надвиговую зону) рудная зона рассечена множеством мелких нарушений, сгруппированных по флангам каждой из отдельно взятых залежей. Сама тектоническая шовная зона надвигового типа условно включает разрушенную до брекчии толщу подстилающих светло-серых (рифогенных) известняков, рудный пласт (в виде трех-четырех пачек боксита с различными физическими свойствами) и мощную пачку рассланцованных и глинизированных (аргилитизированных) известняков.

Большую роль в деформировании породного массива месторождения с самого начала его отработки выполняла рассланцованная пачка покрывающих рудное тело битоминозных известняков, которая под действием проникающей в шахту воды изменяла свои физико-механические свойства (прочность и угол сцепления по контакту слоев). Широкому проникновению воды в шахту способствовала система управления кровлей или технология добычи руды - система слоевого обрушения. При этой технологии выемки рудного тела налегающие породы после образования очистного пространства значительно разуплотняются, коэффициент фильтрации породных трещин возрастает. Весь массив постепенно обводняется и ослабляется.

Зафиксированный в 1970 году первый горный удар на месторождении «Красная шапочка» выявил слабые стороны в управлении горным давлением в конкретно горно-геологических условиях. Первоначально проявление горного давления в динамической форме связывалось только с неправильным определением параметров целика и его мгновенным разрушением от вертикальной компоненты напряжений. С 1973 года началось планомерное изучение динамических проявлений горного давления на различных шахтах месторождения как многофакторного явления. Под методическим руководством института ВНИМИ исследовались горно-геологические факторы, приводящие к динамическому

разрушению целиков, одиночных подготовительных и даже капитальных выработок глубоких горизонтов (глубже 400 м от поверхности). Для изучения факторов, способствующих возникновению горных ударов были привлечены большие материальные средства и весь набор методов по выявлению зон опорного давления и деформаций в массиве локального характера, а также напряженного состояния массива пород всех бокситовых месторождений СУБРа. Для изучения причин формирования горных ударов на более высоком масштабном уровне была запущена сейсмостанция «Североуральск». Данные этой сейсмостанции сразу же расширили представления о характере горных ударов на месторождении и позволили определиться с физической моделью этого грозного явления природы.

Изучение ряда технологических факторов, связанных с возникновением и проявлением горных ударов в рудной залежи разных горизонтов отработки различных шахт, выявило некоторые закономерности, которые были положены в инструктивные документы по прогнозированию горных ударов на шахтах СУБРа и методам их предотвращения. Созданная на предприятии служба прогноза и профилактики горных ударов успешно работает по обозначенным направлениям уже 35 лет. Годовые отчеты этой службы изобилуют информацией о проявлениях горного давления в разнообразных горно-геологических и горнотехнических ситуациях и достижениях на поприще предотвращения горных ударов в потенциально удароопасных выемочных блоках и забоях шахт, однако динамические явления в шахтах до сих пор имеют место.

Истинными факторами, необходимыми и достаточными для проявления горных ударов в породном массиве месторождения и очистных выработках шахт СУБРа являются:

- высокий начальный уровень максимальной компоненты напряжений;
- трансформация поля напряжений в сторону большей неоднородности поля;
- широкий спектр ориентировок тектонических нарушений и ослаблений массива;
- различный начальный угол трения по контактам плоскостей ослаблений;
- проникновение воды в плоскости ослаблений;
- достаточная протяженность соответствующих тектонических швов.

Два фактора из пяти по времени появления относятся к началу палеозоя, они возникли при образовании геологической системы бокситовых месторождений и в настоящее время являются унаследованными. Один фактор формировался в течение длительного геологического периода и является самым непостоянным. Два фактора связаны в большей степени с разработкой месторождения и на ряде участков могут изменяться лишь в небольшой степени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Приказ Ростехнадзора от 08.12.2020 N 505 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых (Зарегистрировано в Минюсте России 21.12.2020 N 61651)
2. Авершин С. Г. Горные удары. М.: Углетехиздат, 1955. 236 с.
3. Петухов И. М., Ильин А. М., Трубецкой К. Н. Прогноз и предотвращение горных ударов на рудниках. М.: Академия горных наук, 1997. 376 с.
4. Ловчиков А. В. Новая концепция механизма горно-тектонических ударов и других динамических явлений для условий рудных месторождений // Горные науки и технологии. 2020. № 5(1). С. 30–38. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-1-30-38
5. Лобанова Т. В. Исследование геомеханического состояния породного массива при формировании и проявлении горных ударов на Таштагольском руднике // ФТПРПИ. 2008. № 2. С. 38–46.
6. Чепчугов, С. А. Сырьевая база СУБРа / С.А. Чепчугов, А.В. Бутняков, И. В. Абакумов // Горный журнал. - 2004. - №3. - С. 6-9.
7. Щербинин, Д.О. Вопросы разработки месторождений СУБРа в сложных горно- геологических и удароопасных условиях / Д.О. Щербинин // Известия Уральского государственного горного университета. –2003. – №17. – С. 124-128.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОМАССООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

¹МАКАРОВ В. Н., ²НУРХОЖАЕВ Е. С., ¹ПОПОВ С. А., ²АХМЕТОВ Р. Г.,
¹ПОТАПОВ В. Я.

¹Уральский государственный горный университет, Екатеринбург
²АО «Костанайские минералы», г. Житикара

Аннотация. Перспективный путь экологизации энергоемких тепломассообменных процессов основан на применении современных инерционно-гравитационных сепараторов, интегрированных непосредственно в сушило печей. В целях подготовки сертификации тепломассообменного оборудования по уровню экологической эффективности в статье предложена методика оценки качества пылеулавливания непосредственно в сушиле печей. Методика исследований основана на использовании аддитивности обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих движение частиц в гравитационном и аэродинамическом силовых полях, путем сведения многопараметрической задачи к двухпараметрической через скорость витания и длину инерционного пробега. Создана аддитивная математическая модель расчета качества ТМОО в зависимости от его геометрических параметров, характеристики теплоносителя. Экспериментальные исследования и их верификация подтвердили достоверность предложенной методики, позволяющей производить ранжирование тепломассообменного оборудования по уровню экологической эффективности.

Ключевые слова: экологическая эффективность, качество сепарации в тепломассообменном оборудовании, аддитивность, дифференциальные уравнения, фракция, удельная масса.

A METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF DUST COLLECTION TO DETERMINE THE LEVEL OF ECOLOGICAL EFFICIENCY OF HEAT AND MASS TRANSFER EQUIPMENT

¹MAKAROV V.N., ²NURKHOZHAEV E.S., ¹POPOV S.A., ²AKHMETOV R.G.,
¹POTAPOV V.YA.

¹Ural State Mining University, Yekaterinburg
²Kostanay Minerals JSC, Zhitikara

Abstract. A promising approach to greening energy-intensive heat and mass transfer processes is based on the use of modern inertial-gravity separators integrated directly into kiln dryers. To prepare for the certification of heat and mass transfer equipment for environmental performance, this article proposes a methodology for assessing the quality of dust collection directly in kiln dryers. The research methodology is based on the additivity of ordinary differential equations describing particle motion in gravitational and aerodynamic force fields, reducing a multiparameter problem to a two-parameter one through the hovering velocity and the inertial path length. An additive mathematical model for calculating the quality of TMOO depending on its geometric parameters and coolant characteristics is developed. Experimental studies and their verification confirmed the validity of the proposed methodology, which allows for ranking heat and mass transfer equipment by environmental performance.

Key words: environmental efficiency, separation quality in heat and mass transfer equipment, additivity, differential equations, fraction, specific gravity.

Цель исследования. Создание математической модели оценки качества тепломассобменного оборудования (ТМОО) в части улавливания пыли для классификации его по фактору экологической эффективности. Оценка целесообразности применения инерционно-гравитационных сепараторов, встроенных в сушило для повышения экологической эффективности ТМОО. Верификация полученной математической модели оценки качества ТМОО и определение ее достоверности.

Методика исследований. Основана на использовании принципа суперпозиции, то есть аддитивности обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих движение частиц в гравитационном и аэродинамическом силовых полях, путем сведения многопараметрической задачи к двухпараметрической через скорость их витания и длину инерционного пробега.

Введение. Для оценки снижения вредного воздействия технологических процессов и предприятий в целом на окружающую среду необходимо проводить оценку их экологической эффективности для последующего ранжирования. [1,5].

Для достижения вышеуказанной цели актуальным на данный момент является обеспечение оперативного менеджмента, позволяющего устанавливать обратную связь между фактическим состоянием экологии и качеством технологических процессов в целях управления ими для достижения минимизации вредных последствий на окружающую среду. Для формирования менеджмента управления экосистемой необходимы критерии оценки экологической эффективности технологического оборудования предприятий. При этом следует учитывать, что ТМОО является одним из

основных источников пылеобразования [2]. Разработке методики оценки качества пылеулавливания тепломассообменного оборудования посвящена данная статья.

Объектом и предметом исследования данной статьи является тепломассообменное оборудование ТМОО и влияние параметров встроенных инерционно-гравитационных сепараторов на эффективность улавливания пыли [4, 6].

Наиболее перспективный путь экологизации энергоемких тепломассообменных технологических процессов заключается в применении современных инерционно-гравитационных сепараторов, конструкция которых позволяет интегрировать их непосредственно в сушило ТМОО. [3, 14].

В публичных источниках отсутствуют данные о прикладных методиках оценки качества пылеулавливания тепломассообменным оборудованием, критериях его оценки.

Верификация полученных моделей опирается на результаты экспериментальных исследований вертикальных шахтных сушильных печей ВШСП АО «Костанайские минералы».

Критерии, методика исследования. В качестве критерия оценки качества пылеулавливания тепломассообменного оборудования принят коэффициент фракционной эффективности Коэффициент эффективности улавливания непосредственно в сушиле ТМОО частиц пыли заданного фракционного состава, нормированного для каждого вида минерального сырья

Методика основана на использование принципа суперпозиции, то есть наложения силовых полей, обусловленных действием гравитации, динамического давления теплоносителя, вязкости через формирования соответствующих критериальных зависимостей с учетом их геометрических и физических характеристик, то есть коррелирующих с функцией цели [14, 11].

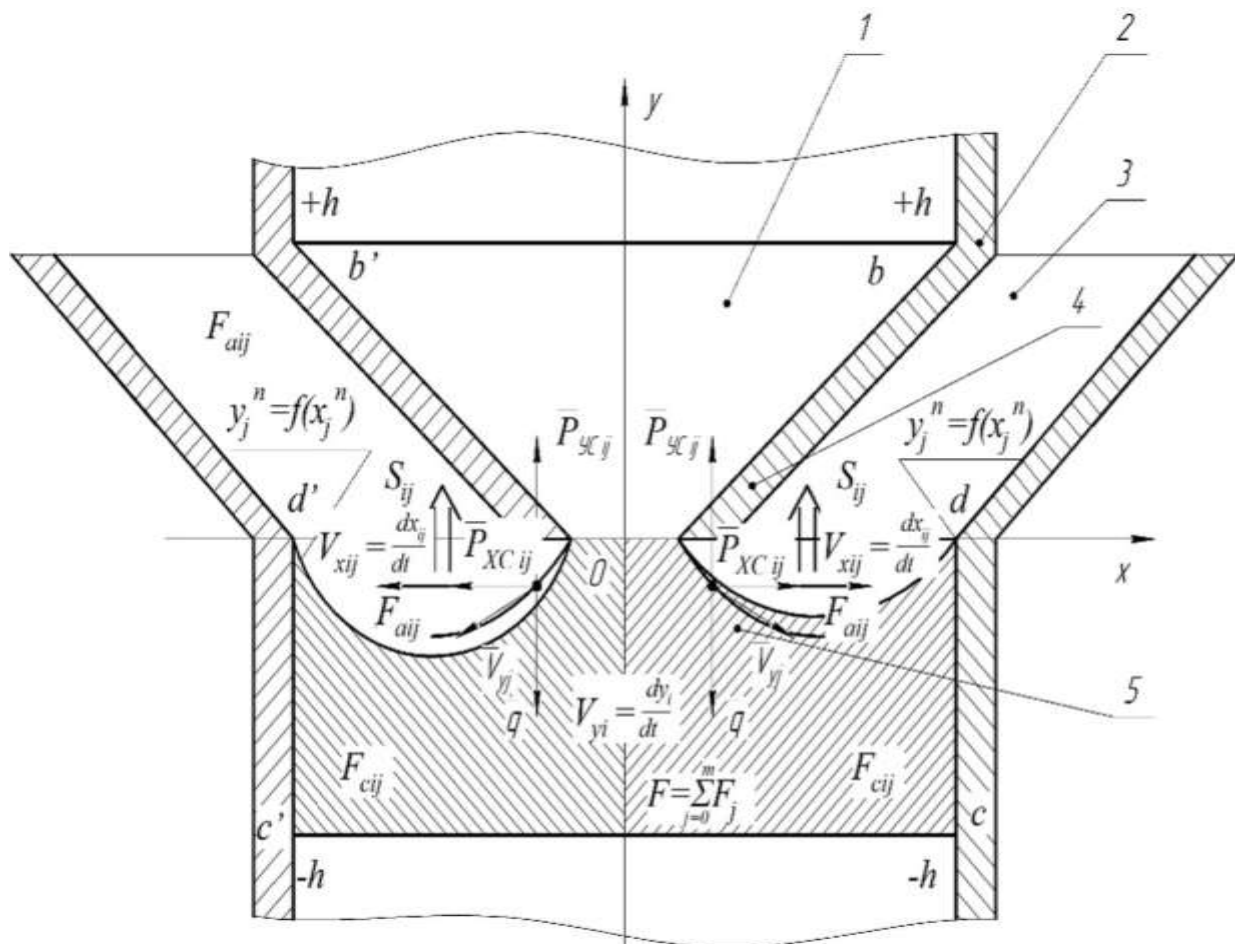
Коэффициент эффективности улавливания непосредственно в сушиле ТМОО частиц пыли заданного фракционного состава, нормированного для каждого вида минерального сырья, как целевую функцию аддитивной математической модели качества процесса сепарации, представим в виде:

$$K_{эj} = \int_j^{j+1} \bar{m}_{cij} d\bar{r}_{ij}, (1)$$

где $\bar{m}_{cij} = \frac{\bar{m}_{cij}}{m_{ij}}$ – коэффициент массы i -той частицы диаметром d_i j -той фракции, сепарируемой в сушиле печи; m_{ij} – масса i -той частицы j -той фракции, в загрузочном устройстве печи, кг/с; $\bar{m}_{cij}$ – масса i -той частицы диаметром d_i j -той фракции сепарируемой в сушиле печи, кг/с; d_{ij} – диаметр i -той частицы j -той фракционного состава

– $-d_{maxj} + -d_{minj}$, $\bar{r}_{ij} = \frac{2r_{ij}}{d_{maxj}}$ – коэффициент приведенного радиуса i-той частицы j-той фракции фракционного состава.

Коэффициент массы i-той частицы диаметром d_i j-той фракции определяется дискретный метод анализа движения отдельных частиц с учетом граничных гиперсингулярных уравнений.



ТМОО 1 – сушило печи; 2 – стенки корпуса сушила; 3 – выходное сечение печи; 4 – обратноточный пылесадитель; 5 – линии постоянной скорости витания частиц пыли.

Рисунок 1 - Кинетодинамическая схема движения частиц пыли в сушиле

Исследование аэродинамического силового поля в ТМОО необходимо не только для расчета режима работы тягодутьевых машин, определяющего расход теплоносителя в противотоке и прямотоке, но и оптимизации конструкции сепаратора, схем его размещения в сушиле. [4, 9, 16].

На кинематику движения пылевых частиц в ТМОО оказывают влияние многочисленные факторы, наиболее значимыми из которых являются силы гравитации и аэродинамическое поле депрессии, создаваемое тягодутьевыми машинами [4, 12, 16].

Для создания аддитивной математической модели качества ТМОО в части эффективности улавливания частиц пыли заданного фракционного состава непосредственно в его сушиле воспользуемся схемой траектории движения частиц пыли во встроенном в него сепараторе под действием сил тяжести и поле депрессии (см. рис.1)

Траектория движения i -той частицы пыли в j -том интервале диаметрами d_{ij} формируется под действием соотношения объемных сил тяжести, определяющих критерий Стокса и поверхностных аэродинамических сил поля дисперсии, характеризуемых критерием Фруда [4, 13, 17].

Вследствие того, что силы, действующие на частицы, имеют разное направление, поток исходного материала с определённым размером частиц $-d_{maxj} + d_{minj}$ и массовым расходом m_j делится на две части. Одна часть потока состоит из частиц исходного материала с массовым расходом m_{cj} , которые оседают на нижнюю границу области, определяемую линией $c - c_1$. Эти частицы сепарируются под действием силы тяжести и попадают в ограниченную плоскость F_{cij} , которая является частью области F_{ij} . Затем они направляются в разгрузочный узел ТМОО. Другая часть потока состоит из частиц пыли, которые уносятся в газоходы ТМОО. Эти частицы аспирируются из ТМОО через плоскости F_{aij} , которые также являются частью области F_i . Это снижает экологическую эффективность ТМОО.

Из вышесказанного и рис. 1 коэффициент качества ТМОО в части улавливания пыли заданного нормированного фракционного состава может быть определен как отношение площади (объема) сепаратора, ограниченной поверхностями, образованными траекториями изолиний скорости витания частиц пыли вышеуказанного фракционного состава к объему сепаратора, заполненного поступившей в него из загрузочного устройства пыли этого фракционного состава.

Принимая во внимание вышесказанное, мы можем сформулировать систему линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами [8, 10, 15]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=0}^m \frac{dx_{ij}}{d\tau_{ij}} = \sum_{j=0}^m \frac{W_{xij} V^2_{ij}}{2hg}; \\ \sum_{j=0}^m \frac{dy_{ij}}{d\tau_{ij}} = \sum_{j=0}^m \frac{W_{yij} V^2_{ij}}{2hg}; \\ \sum_{j=0}^m \frac{dW_{xy}}{d\tau_{ij}} = \sum_{j=0}^m W_{mij} x - \sum_{j=0}^m W_{ij} x; \\ \sum_{j=0}^m \frac{dW_{yi}}{d\tau_{ij}} = \sum_{j=0}^m W_{mij} y - 1 - \sum_{j=0}^m W_{yi}, \end{array} \right. \quad (2)$$

где, $W_{mij} = \frac{V}{V_{bij}}$ – скорость движения теплоносителя по отношению к скорости витания i -той частицы пыли в j -том диапазоне; $W_{yi} = \frac{V_{ij}}{V_{bij}}$ – скорость i -й частицы пыли в рассматриваемом диапазоне относительно скорости её витания; $V_{ij} = \frac{2r_{ij}^2 g(\rho_{ij} - \rho)}{9\mu\xi_{ij}}$ – скорость витания i -й частицы пыли с радиусом в j -м интервале, м/с; $\tau_{ij} = \frac{t}{\tau_{bij}}$ – время, за которое i -тая частица пыли в j -том временном промежутке достигает состояния равновесия, выраженное в долях от времени релаксации; $\tau_{ij} = \frac{2r_{ij}^2 g(\rho_{ij} - \rho)}{9\mu\xi_{ij}}$ – период отдыха i -й пылинки в j -м диапазоне на пути движения по инерции, с;

В системе уравнений (2) с учётом [4, 8, 10] можно получить выражения для скорости теплоносителя, если построить изолинии скоростей витания в области его течения:

$$\begin{cases} W_{mxij} = -S_{ij}X_{ij} \left(\frac{1}{X_{ij}^2 + (y_{ij}+1)^2} + \frac{1}{X_{ij}^2 - (y_{ij}+1)^2} \right); \\ W_{myij} = -S_{ij} \left(\frac{y_{ij}+1}{X_{ij}^2 + (y_{ij}+1)^2} + \frac{y_{ij}-1}{X_{ij}^2 - (y_{ij}-1)^2} \right). \end{cases} \quad (3)$$

где, $S_{ij} = \frac{Q_{ij}}{4\pi h_{ij} V_{bij}}$ – интенсивность стока теплоносителя, скорректированная с учётом зоны образования пыли и скорости её перемещения в воздухе; Q_{ij} – сила потока теплоносителя j -й фракции в i -м направлении и в указанной плоскости F , м³/с·м. В предельном случае, когда скорость витания частиц S_i пыли стремится к бесконечности, их изолинии в безразмерном виде принимают форму окружностей с радиусом, равным единице (см. рис. 1).

Итак, коэффициент полезного действия для этой фракции можно выразить следующим образом: $k_{ij} = \frac{F_{cij}}{F_{ij}}$ [7, 10, 18].

С учетом вышесказанного система уравнений (2) позволяет определить оптимальные геометрические параметры встроенного сепаратора, рассчитав их как граничные условия в системе с распределенными параметрами.

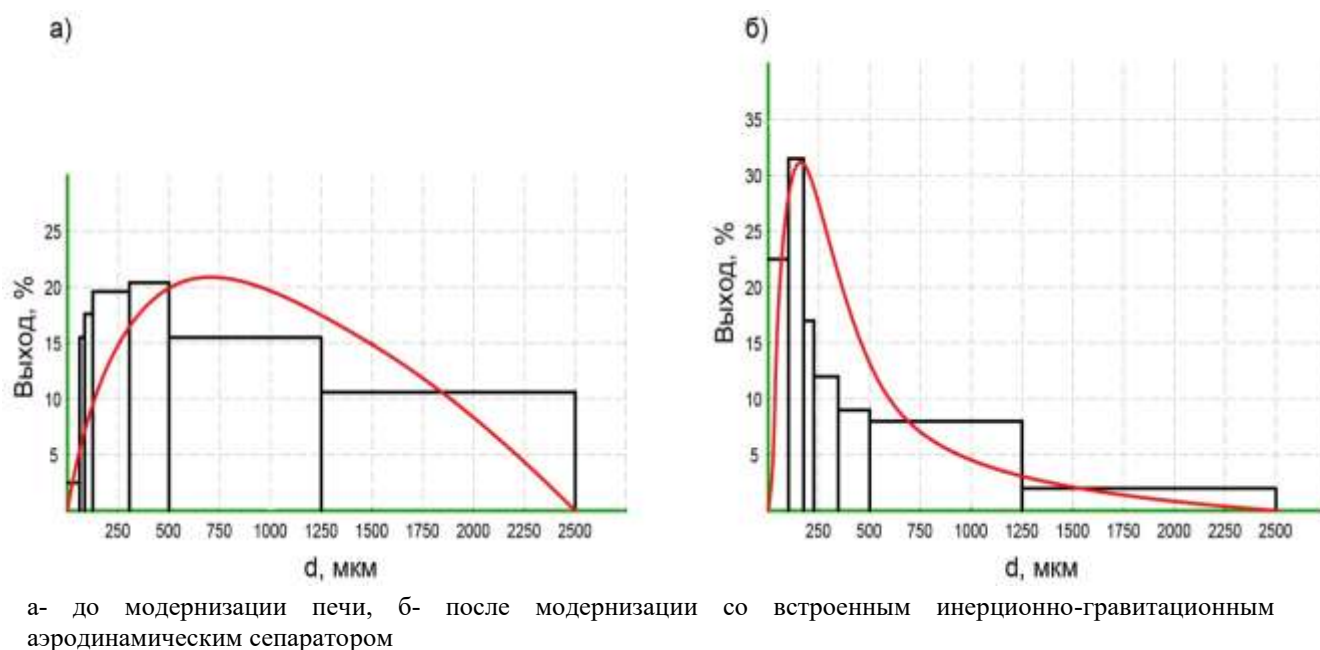
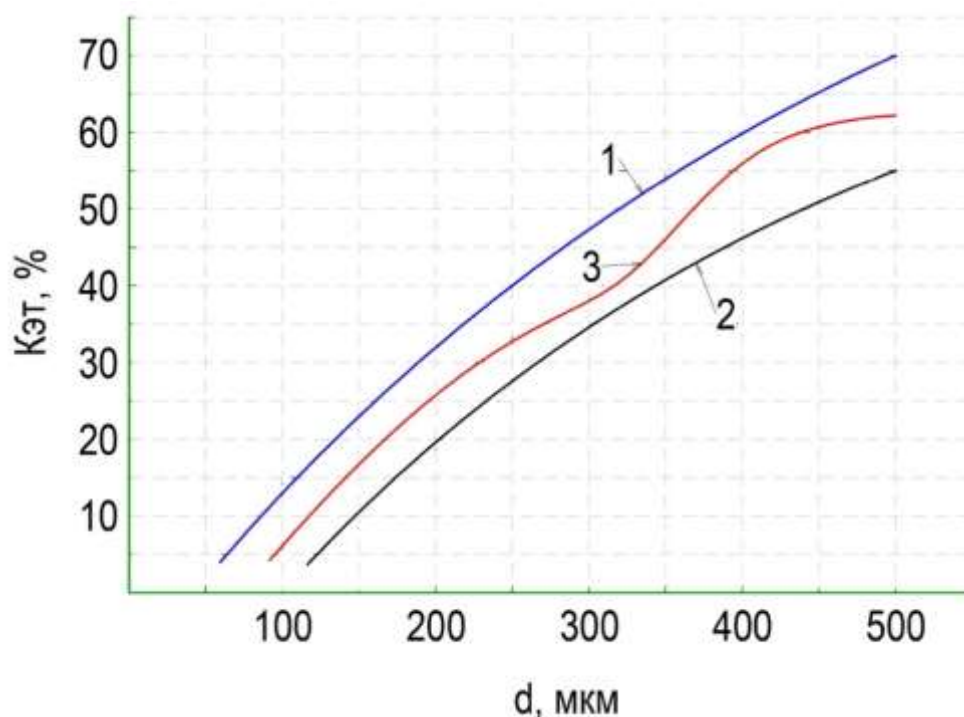


Рисунок 2 - Дисперсный состав хризотил асбеста на выходе из ВШСП №5

Из графика на рисунке 2 можно сделать вывод, что благодаря сепарации взвешенных частиц хризотил асбеста в разработанном устройстве, которое интегрировано в сушило ВШСП, медианный размер частиц, попадающих в газоход грубой ступени очистки, уменьшается почти вдвое. Кроме того, дисперсия медианного размера снижается более чем на 30%, а концентрация — в 3,6 раза. Это позволяет значительно уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

На рисунке 3 показана зависимость фракционной эффективности инерционно-гравитационной сепарации в сушиле ВШСП №5 от медианного диаметра взвешенных частиц хризотил-асбеста $k_{эТ}$. Из графика видно, что с увеличением медианного диаметра эффективность сепарации растёт и достигает значения $0,65 \pm 0,09$ для частиц диаметром $5 \cdot 10^{-4}$ м в печи с устройством сепарации. По данным [4] фракционная эффективность ТМОО без сепаратора не превышает 0,35. Для частиц диаметром менее 10^{-5} м эффективность управления пылью непосредственно в печи находится в диапазоне 10-15% для ВШСП с сепаратором при том, что она равна 0 для печи без сепаратора.



1,2 – границы данных с учетом точности замеров; 3 – интегральная оценка сепарации по аддитивной математической модели

$K_{эт}, \%$ – коэффициент качества по медианному диаметру фракционного состава частиц хризотил асбеста.

Рисунок 3 - Динамика фракционной экологической эффективности ВШСП №5

Таким образом предложенная математическая модель может быть использована для оперативной оценки фракционной эффективности ТМОО, позволяет на стадии проектирования, а также модернизации данного вида технологического оборудования проводить оптимизацию конструктивного исполнения сушила по уровню экологической эффективности.

Выводы. 1. Предложена математическая модель оценки качества ТМОО, пригодная для оценки их экологической эффективности.

2. Предложенный коэффициент эффективности улавливания пыли заданного фракционного состава позволяет классифицировать данный вид технологического оборудования по фактору экологической эффективности в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14031-2016 «Оценка экологической эффективности».

3. Оперативная оценка фракционной эффективности ТМОО позволяет сформировать менеджмент минимизации негативного воздействия технологических процессов и предприятий на окружающую среду.

4. Предложенная модель оценки качества ТМОО позволяет на стадии проектирования, а также модернизации данного вида технологического оборудования

проводить оптимизацию конструктивного исполнения сушила по уровню экологической эффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бекетова Е.А., Карамышева Е.С. И инновации в решении экологических проблем // Молодой ученый, 2004, №25 (211) с. 10-12.
2. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. Природоподобные технологии: новые возможности и новые вызовы // Вестник российской академии науки, Москва, 2019 г., №5, с. 455-465. DOI:10.31857/S0869-5873895455-465.
3. Лойцанский Л.Г. Механика жидкости и газа. Учебник для вузов. – 7-е издание, ред. - М.: Дрофа, 2003. - 840с
4. Макаров В. Н., Ахметов Р. Г., Макаров Н. В., Арсланов А. А. Повышение экологической эффективности сушки рудных материалов на базе инерционно-гравитационной аэросепарации // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2024. — № 1–1. — С. 74—86. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_011_0_74.
5. Стась Г.В., Калаева С.З., Муратова К.М., Чистяков Я.В. К вопросу защиты окружающей среды от мелкодисперсной пыли горных предприятий / // Известия ТулГУ. Науки о Земле. Вып. 1. Тула: Изд-во ТулГУ, 2019. - С. 92–109.
6. Макаров В.Н., Ахметов Р.Г., Давыдов С.Я., Макаров Н.В. Экспериментальное исследование и моделирование экологической эффективности вертикальных шахтных печей для сушки огнеупорных и строительных материалов // Новые огнеупоры, 2023 г. №7 с. 52–59.
7. Телевин А. Е., Сытых Н. А., Черепанов Д. В. Влияние крупности частиц на эффективность сухой магнитной сепарации // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2021. - № 11–1. — С.293-305. DOI:10.25018/0236_1493_2021_111_0_293.
8. Barone D., Loth E., Snyder P. Influence of particle size on inertial particle separator efficiency // Powder Technology, 2017, No 318, pp. 177-185.
9. Bian M., Wang W. Prediction model of vertical shaft air temperature and its application // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2019, vol. 384, no. 1, article 012016. DOI: 10.1088/1755-1315/384/1/012016.
10. Davydov S.Ya., Makarov V.N., Makarov N.V., Ugolnikov A.V. Hydro-vortex classification of composite microparticles / New refractories, 2020 №10, с. 13-17. DOI:10.17073/1683-4518-2020-10-13-17.

11. Muratova, K.M., Makhnin, A.A., Volodin, N.I., Chistyakov, Y.V. Treatment of Industrial Dust-Air Flows in Centrifugal Inertial Apparatuses /Chemical and Petroleum Engineering, 2018, No 53, pp. 185-189. DOI: 10.1007/10556-017-0319-5.
12. Fair R., Laar J. H., Nell K., Nell D., Mathews E. H. Simulating the sensitivity of underground ventilation networks to fluctuating ambient conditions // South African Journal of Industrial Engineering November. 2021, vol. 32, no. 3, pp. 42—51. DOI: 10.7166/32-3-2616.
13. Shivani Kaustubh Chitale, Pranjal Nitin Jadhav, Snehal Suresh Dhoble, Dr. Mr. Satyajee Deshmukh. Parameters Affecting Efficiency of Centrifugal Pump - A Review, /IJSRST, 2021, No 8, pp.49-58. DOI:10.32628/IJSRST218573.
14. Scalise K. A., Teixeira M. B., Kocsis K. Managing heat in underground mines: the importance of incorporating the thermal flywheel effect into climatic modeling // Mining, Metallurgy & Exploration. 2020, vol. 38, pp. 575—579. DOI: 10.1007/s42461-020-00323-5.
15. Torhizi S.A., Benisi A.X, Durali M. Multilevel optimization of profile of splitter blade in the impeller of a centrifugal compressor // Scientia Iranica, 2017, no. 24, pp. 707-714.
16. Zhou S., Lin P., Zhang W., Zhu Z. Evolution characteristics of separated vortices and near-wall flow in a centrifugal impeller in an off-designed condition// Applied Sciences. 2020. Vol. 10. Issue 22, P. 1–17. DOI:10.3390/app 10228209.
17. Wu X, Xiao W., Zho Y. Experimental study and numerical simulation of the characteristics of a percussive gas-solid separator /Particuology, 2018, No 36, pp. 96-105.
18. Wang P. Multi-objective design of a transonic turbocharger compressor with reduced noise and increased efficiency /London UCL University, 2017, pp. 217.

**СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ГОРНОГО ТРАНСПОРТА (БелАЗ 7530G) В
ООО «УДОКАНСКАЯ МЕДЬ»**

ОКРУГИН П.Е., ЕЛОХИН В.А.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. ООО "Удоканская Медь" - предприятие по добыче и обогащению меди и попутных компонентов. По содержанию меди руды Удокана можно отнести к рудам среднего качества (1–2 % Cu) с участками, имеющими как богатые (более 2 % Cu), так и бедные (менее 1 % Cu) руды. Система пожаротушения предназначена для ликвидации возгораний только на ранней стадии пожаров, относящихся к классам пожарной опасности А, В, С по ГОСТ 27331-87 и электрооборудования, находящегося под напряжением до 3000 В на горнотранспортном оборудовании, в том числе, на карьерных самосвалах и экскаваторах, буровых станках, подземных погрузочно-доставочных машинах и др. Система обеспечивает надежное функционирование при проведении регламентного профилактического и технического сервисного обслуживания, а также при поддержании чистоты и надлежащего технического состояния агрегатов и электрооборудования в наиболее вероятных местах возникновения пожара: подкапотном пространстве двигательного отсека, отсеках с гидравлическим оборудованием, тормозных системах, емкостях с ЛВЖ. В штатном режиме устройство автоматического обнаружения и пуска осуществляет контроль исправности линий связи и прием сигналов от извещателей пожарных тепловых.

Ключевые слова: безопасность, профессиональное оборудование, медь, транспорт, требования, БелАЗ, пожаротушение.

**FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS FOR MINING TRANSPORT (BelAZ 7530G) AT
UDOKANSKAYA MED LLC**

OKRUGIN P.E., ELOKHIN V.A.

Ural State Mining University

Abstract. Udokan Copper LLC is a copper and by-product mining and beneficiation company. Based on copper content, Udokan's ores are classified as medium-grade (1–2% Cu), with sections containing both high-grade (more than 2% Cu) and low-grade (less than 1% Cu) ores. The fire suppression system is designed to extinguish fires at the early stages of fires classified as fire hazard classes A, B, and C according to GOST 27331-87 and electrical equipment energized up

to 3000 V on mining and transport equipment, including quarry trucks and excavators, drilling rigs, underground loading and haulage machines, etc. The system ensures reliable operation during routine preventive and technical maintenance, as well as maintaining the cleanliness and proper technical condition of units and electrical equipment in the most likely fire locations: underhood, engine compartments, hydraulic equipment compartments, brake systems, and tanks containing flammable liquids. In normal operation, the automatic detection and activation device monitors the serviceability of communication lines and receives signals from heat fire detectors.

Keywords: safety, professional equipment, copper, transport, requirements, BelAZ, fire extinguishing.

ООО " Удоканская Медь " - предприятие по добыче и обогащению меди и попутных компонентов.

По содержанию меди руды Удокана можно отнести к рудам среднего качества (1–2 % Cu) с участками, имеющими как богатые (более 2 % Cu), так и бедные (менее 1 % Cu) руды.

Основная масса руд представлена на 87 % кварцевидными песчаниками и довольно однообразна по составу пустой породы. Изменяется главным образом набор минералов меди, содержание и степень ее окисленности.

Кроме меди, промышленное значение в рудах Удокана имеет серебро, содержание которого варьирует в широких пределах, составляя в среднем около 10 г/т. Извлечение серебра в концентрат при флотации близко к извлечению меди.

Основные производственные активы компании ООО «Удоканская медь» - это:

- два карьера, ведущих разработку медноколчеданных руд: Запад-1, Запад-2;
- одна фабрика - фабрика по производству катодной меди и сульфидного концентрата.

Группа ООО «Удоканская медь» обладает собственными мощностями для хранения, перевозки и перевалки сырья и готовой продукции. На рисунке 1 изображена схема расположения рудоуправлений ООО «Удоканская медь».

В состав комплекса входят участки дробления и измельчения, участок обогащения (флотационного, гравитационного и электромагнитного), отделение гидрометаллургии, химико-технологическая лаборатория и хвостохранилище.

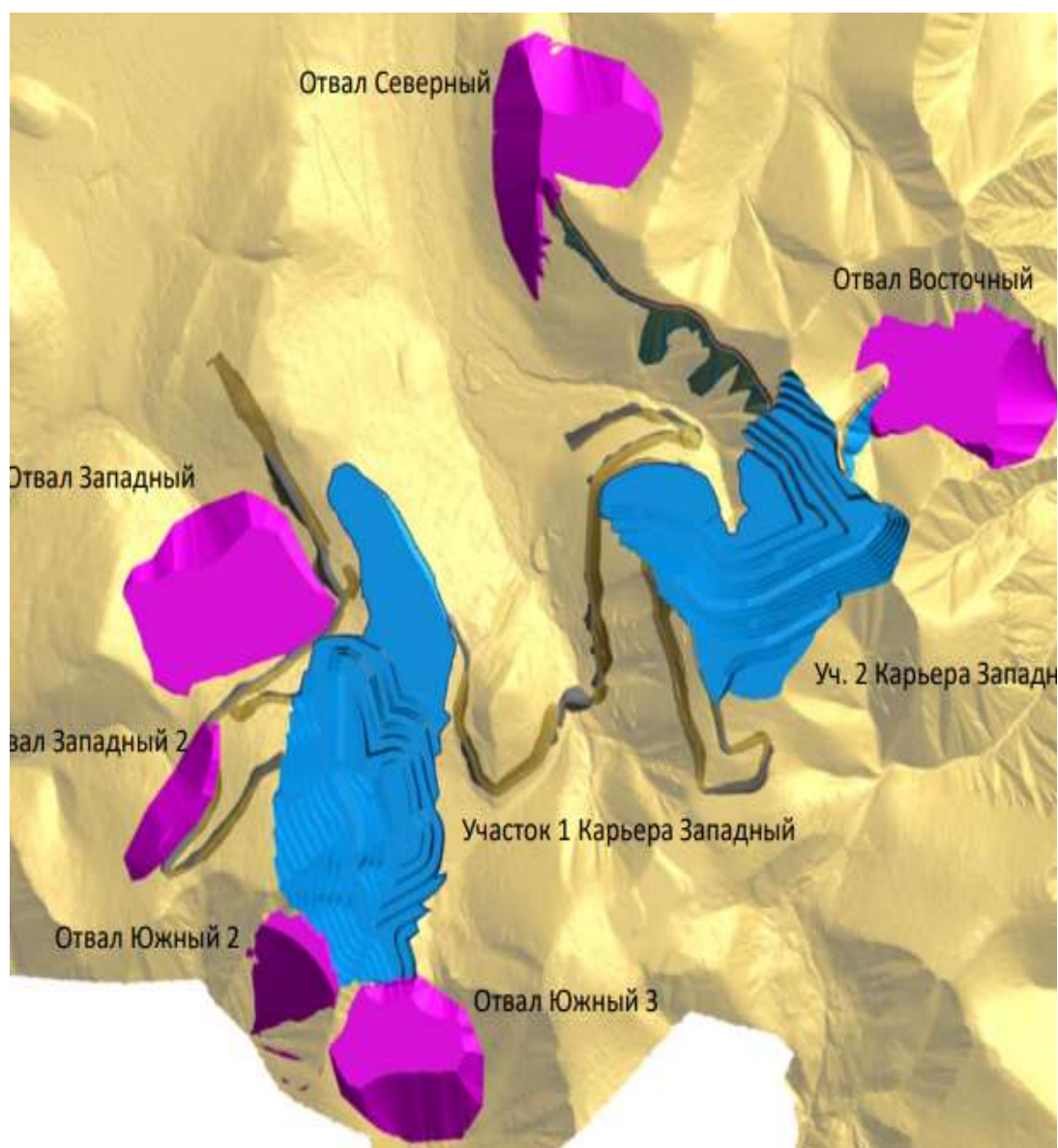


Рисунок 1 - Схема расположения рудоуправлений ООО «Удоканская медь» [5]

Система пожаротушения предназначена для ликвидации возгораний только на ранней стадии пожаров, относящихся к классам пожарной опасности А, В, С по ГОСТ 27331-87 и электрооборудования, находящегося под напряжением до 3000 В на горнотранспортном оборудовании, в том числе, на карьерных самосвалах и экскаваторах, буровых станках, подземных погрузочно-доставочных машинах и др.

Система не предназначена для тушения загорания веществ и материалов, склонных к самовозгоранию, горению и тлению без доступа воздуха.

Система обеспечивает надежное функционирование при проведении регламентного профилактического и технического сервисного обслуживания, а также при поддержании чистоты и надлежащего технического состояния агрегатов и электрооборудования в наиболее вероятных местах возникновения пожара: подкапотном пространстве

двигательного отсека, отсеках с гидравлическим оборудованием, тормозных системах, емкостях с ЛВЖ.

Система является ремонтно-пригодным изделием многоразового использования.

Технические изделия системы соответствуют группе механического исполнения М17 ÷ М30 по ГОСТ 17516.1-90 [3] и ГОСТ 30631-99 [4].

Система изготавливается для эксплуатации на открытом воздухе во всех макроклиматических районах на суше - вид климатического исполнения О1 по ГОСТ 15150-69 [1].

Полный средний срок службы системы – 10 лет.

Система в течение всего срока службы может гарантированно обслуживаться (ТО-1, ТО-2) работниками эксплуатирующей организации, прошедшими обучение у предприятия-изготовителя, и один раз в 5 лет должна пройти обслуживание в специализированной организации.

Система состоит из трех линий:

- а) двухкомпонентная линия предназначена для защиты двигательного отсека, закабинного пространства и охлаждения теплонагруженных агрегатов;
- б) порошковая линия предназначена для защиты отсека заднего моста;
- в) жидкостная линия предназначена для охлаждения поверхностей и тушения возгораний вручную в иных зонах.

В штатном режиме устройство автоматического обнаружения и пуска осуществляет контроль исправности линий связи и прием сигналов от извещателей пожарных тепловых.

При возгорании, по достижении температуры срабатывания извещателей в защищаемых зонах, устройство автоматически через заданный программно промежуток времени включает исполнительные механизмы двухкомпонентной и порошковой линий. При отключенном режиме автоматического пуска активация этих линий возможна посредством нажатия кнопки электрозапуска системы на панели управления в кабине или кнопки на выносном пульте ручного включения. При отсутствии электропитания запуск двухкомпонентной и жидкостной линий возможен вручную ударом ладони по кнопке ручного пуска исполнительного механизма на баллонах модулей.

Решающим фактором при ликвидации возгорания являются оперативные и грамотные действия персонала. Чем быстрее будет произведен запуск системы пожаротушения (в том числе в режиме ручного пуска), тем меньший ущерб будет причинен оборудованию.

Автоматический режим, согласно действующим стандартам, осуществляет запуск системы с задержкой и необходим при отсутствии действий со стороны персонала. Основные технические характеристики показаны в таблице 1.

Таблица 1- Основные технические характеристики

Наименование показателя, единица измерения	Значение параметра
Виды огнетушащего вещества (ОТВ): двухкомпонентная линия порошковая линия заднего моста жидкостная линия	порошок Вексон АВС* + жидкость охлаждающая порошок Вексон АВС* жидкость охлаждающая
Включение: двухкомпонентная линия порошковая линия заднего моста жидкостная линия	автоматическое или дистанционное или ручное автоматическое или дистанционное или ручное ручное
Масса ОТВ общая, кг: ** порошок жидкость, (л)	231 110 121 (100)
Масса системы конструкционная, кг, не более	115
Масса системы полная, кг, не более	346
Огнетушащая способность: двухкомпонентная линия – защищаемый объем, м ³ порошковая линия – защищаемый объем, м ³ жидкостная линия – защищаемая площадь, м ²	90 20 4 очага 2А на площади 18 м ²
Рабочий газ	сжатый воздух
Объем баллона, дм ³ , не более: двухкомпонентная линия порошковая линия заднего моста жидкостная линия	7 и 5 и 2 2 5
Давление в баллонах при температуре 20°С, МПа	от 11,7 до 13,5
Рабочее давление в баках системы, МПа, не более	1,2
Дальность выброса ОТВ, м, не менее: порошка огнетушащего жидкости охлаждающей (двухкомпонентная линия) жидкости охлаждающей (жидкостная линия)	4 4 10
Время выброса ОТВ, с, не более: двухкомпонентной линии порошковой линии жидкостной линии	130 100 60
Длина гибкого рукава жидкостной линии, м, не менее	20
Напряжение питания устройства автоматического обнаружения возгорания и пуска, В	от +18 до +36
Ток потребления, А, не более	0,25
Температура срабатывания теплового извещателя, °С адресного линейного	129 ÷ 145 180
Задержка автоматического включения двухкомпонентной линии после извещения "ПОЖАР", с, не более: порошкового модуля при достижении температуры срабатывания теплового извещателя жидкостного модуля после активации порошкового модуля	30 20

Выход “сухие контакты”: нормально замкнутые НО, пара нормально разомкнутые НЗ, пара макс. коммутируемое напряжение, В макс. коммутируемый ток, А	1 1 350 0,1
Выход “сухие контакты” на модуле реле: нормально замкнутые НЗ, пара нормально разомкнутые НО, пара макс. коммутируемое напряжение, В макс. коммутируемый ток, А	1 1 30 5
Рабочая температура, °С: исполнение О1	от минус 50 до плюс 50
Полный средний срок службы системы, годы	10
Гарантийный срок эксплуатации, годы	1
Быстродействие, с, не более: двухкомпонентная и порошковая линии от электрозапуска и вручную жидкостная линия вручную	3 10
Усилие для приведения в действие устройства запуска: пальцем руки, Н, не более кистью руки, Н, не более ударом кисти руки, Дж, не более	100 230 3

Решающим фактором при ликвидации возгорания являются оперативные и грамотные действия персонала. Чем быстрее будет произведен запуск системы пожаротушения (в том числе в режиме ручного пуска), тем меньший ущерб будет причинен оборудованию.

Система состоит из нескольких взаимосвязанных комплектов оборудования (рисунок 2).

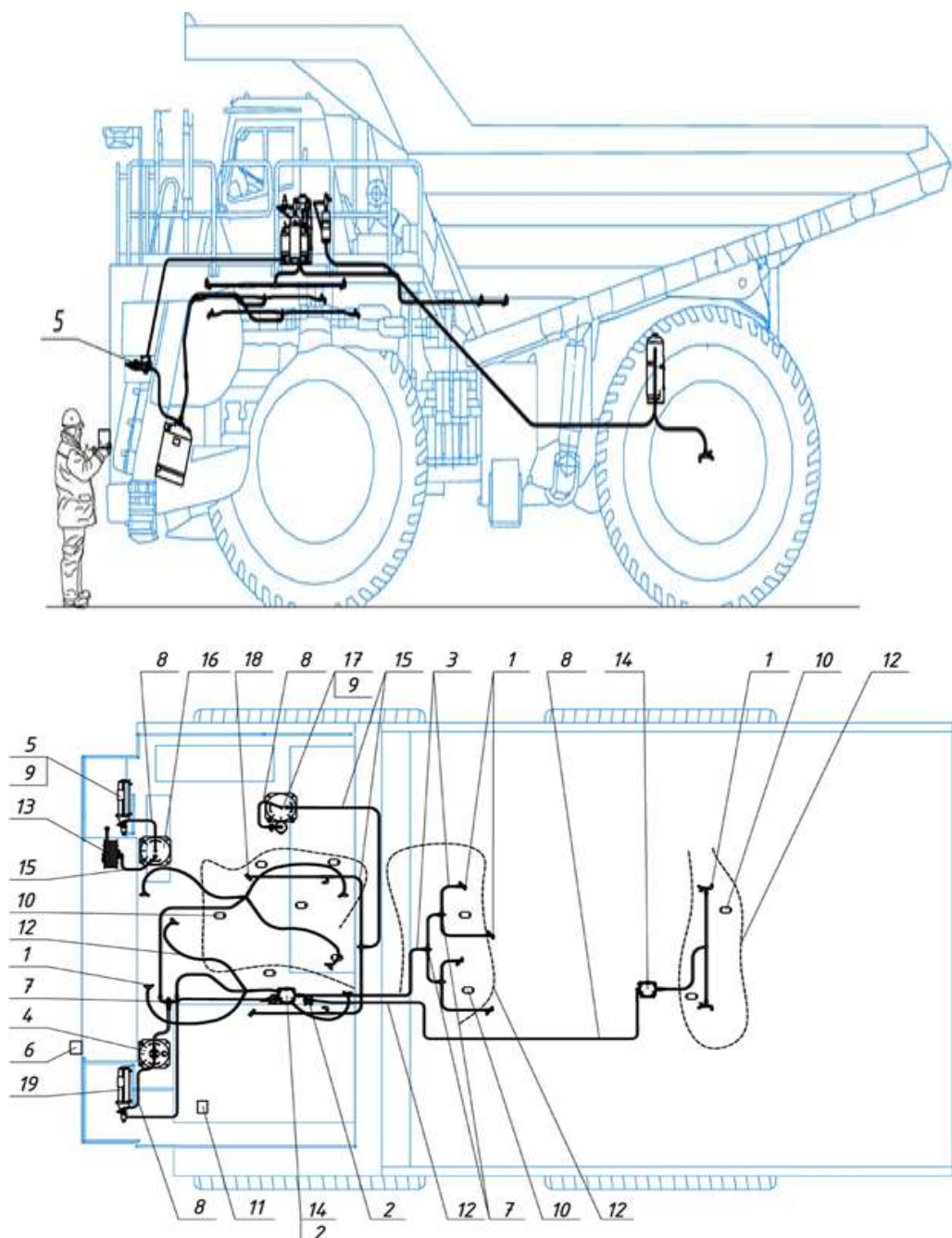
Устройство автоматического обнаружения возгорания и пуска предназначено для контроля и управления двухкомпонентной и порошковой линиями.

Двухкомпонентная линия предназначена для тушения загораний в двигательном отсеке, закабинном пространстве и охлаждения теплонагруженных узлов двигателя и его систем посредством выброса огнетушащего порошка и охлаждающей жидкости через систему распределения в заданные точки.

Порошковая линия предназначена для тушения загораний в заднем мосту посредством выброса огнетушащего порошка в объеме заднего моста через систему распределения в заданные точки.

Жидкостная линия предназначена для охлаждения поверхностей и тушения возгораний вручную в иных зонах, не защищенных линиями с автоматическим пуском.

В зависимости от технической возможности допускается размещение на технике элементов системы пожаротушения отличного от указанного на рисунке 1, при условии обязательного согласования изменений с производителем системы пожаротушения, либо с представителем сервисной организации, аккредитованной производителем для производства монтажных работ.



1 - насадок-распылитель; 2 - баллон (2 л); 3 - рукав (порошкопровод); 4 - бак порошковый (70 кг); 5 - редуктор; 6 - выносной пульт ручного включения; 7 - тройник; 8 - рукав (воздухопровод); 9 - баллон (5 л); 10 - извещатель пожарный тепловой адресный; 11 - прибор приемно- контрольный пожарный и управления; 12 - извещатель пожарный тепловой линейный; 13 - барабан; 14 - бак порошковый (20 кг); 15 - рукав (жидкостный); 16 - бак жидкостный (50 л) жидкостной линии; 17 - бак жидкостный (50 л) двухкомпонентной линии; 18 - форсунка; 19 - баллон (7 л).

Рисунок 2 – Система комбинированного пожаротушения автоматическая модернизированная

Устройство автоматического обнаружения возгорания и пуска включает в себя:

- прибор приемно-контрольный и управления пожарный (А1) - ППКУП;
- модуль реле (А2);
- извещатели пожарные тепловые адресные (D1-D10) - ИПТТ;

- извещатели пожарные тепловые линейные (ТК1, ТК2, ТК3) - ИПТЛ;
- выносной пульт ручного включения (S1) - ВПРВ;
- устройства электропуска (ЕТ1- ЕТ3) - УП,

ППКУП располагается в кабине оператора и обеспечивает выполнение следующих функций:

- прием сигналов от ИПТТ, ИПТЛ и вывод извещений: "ВНИМАНИЕ", "ПОЖАР", "ПУСК", "НЕИСПРАВНОСТЬ";
- световую и звуковую сигнализацию неисправности линий ИПТТ и ИПТЛ, цепей ВПРВ, УП;
- световую сигнализацию наличия электропитания;
- защиту ППКУП при коротком замыкании и превышении напряжения внешнего источника питания (бортовой сети защищаемого оборудования);
- резервное электропитание устройства продолжительностью не менее суток при отключении от внешнего источника питания;
- звуковую и световую сигнализацию при достижении температурного порога срабатывания ИПТТ или ИПТЛ;
- автоматическое включение системы через программно заданный промежуток времени после достижения температурного порога срабатывания одного ИПТЛ и не менее одного ИПТТ в контролируемой зоне;
- дистанционное включение системы при нажатии кнопки электропуска на панели управления ППКУП или при нажатии кнопки ВПРВ;
- отключение автоматического пуска;
- хранение журнала событий и их регистрацию (до 4000 событий) в энергонезависимой памяти;
- проведение теста работоспособности ППКУП;
- выдачу сигнала через модуль реле на два выхода типа «сухой контакт» при пуске системы пожаротушения: в режиме ПУСК размыкаются «сухие» контакты НЗ1.1, НЗ1.2 и замыкаются «сухие» контакты НО2.1, НО2.2, после окончания режима ПУСК «сухие» контакты НЗ1.1, НЗ1.2 замыкаются и «сухие» контакты НО2.1, НО2.2 размыкаются, независимо от режима питания ППКУП.
- передачу сообщений о событиях в информационно-диагностическую систему (ИДС) транспортного средства по RS-485 протоколу.

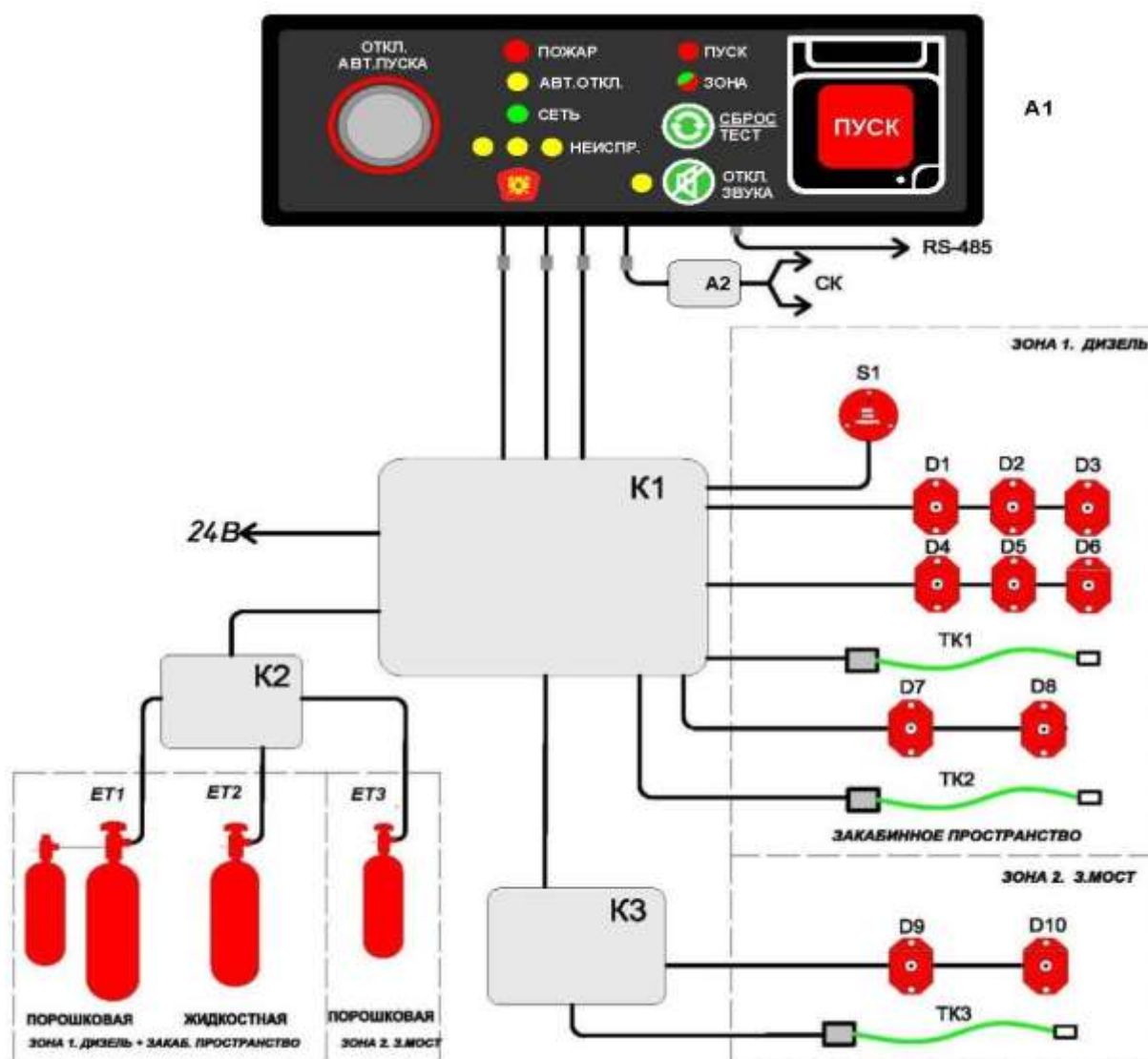


Рисунок 3 – Устройство автоматического обнаружения возгорания и пуска

A1 - прибор приемно-контрольный и управления пожарный;

A2 - модуль реле;

D1 – D10 - извещатель пожарный тепловой адресный;

TK1 – TK3 - извещатель пожарный тепловой линейный;

S1 - выносной пульт ручного включения;

ET1 – ET3 - модуль контроля давления и пуска;

K1 – K3 - коробка коммутационная;

RS-485 - выход передачи данных в ИДС;

СК - выходы "сухой контакт".

На панели управления ППКУП расположены:

- индикатор «СЕТЬ» зеленого цвета:

а) горит постоянно - при наличии электропитания от бортовой сети оборудования,

б) мигает - при отсутствии (отключении) электропитания от бортовой сети и наличии электропитания от встроенного аккумулятора.

- индикаторы «НЕИСПР.» желтого цвета:

горит (мигает при питании от встроенного аккумулятора) хотя бы один из трех индикаторов в соответствии с кодом неисправности (табл.5) и подаются кратковременные звуковые сигналы при обрыве или коротком замыкании любой электрической цепи, при неисправности ППКУП;

- индикатор «ПОЖАР» красного цвета:

а) мигает (сигнал: «ВНИМАНИЕ») при достижении температурного порога срабатывания ИПТТ или ИПТЛ в любой защищаемой зоне;

б) горит постоянно (сигнал: «ПОЖАР») - при достижении температурного порога срабатывания одного ИПТЛ и не менее одного ИПТТ в любой защищаемой зоне.

- двухцветный индикатор «ЗОНА»:

а) горит зеленым цветом – при наличии внешнего электропитания, исправности электрических цепей, ИПТТ, ИПТЛ при температуре в защищаемых зонах ниже температурного порога срабатывания;

б) горит (мигает при питании от встроенного аккумулятора) красным цветом и одновременно загораются индикаторы «НЕИСПР.» - при неисправности электрических цепей ИПТТ и ИПТЛ в зоне двигательного отсека;

в) горит красным цветом, одновременно индикатор «ПОЖАР» загорается мигающим красным цветом и включается прерывистый звуковой сигнал - при достижении температурного порога срабатывания ИПТТ или ИПТЛ в зоне двигательного отсека;

г) горит красным цветом, одновременно индикатор «ПОЖАР» загорается постоянно красным цветом и включается непрерывный звуковой сигнал - при достижении температурного порога срабатывания одного ИПТЛ и не менее одного ИПТТ в зоне двигательного отсека.

- индикатор «ПУСК» красного цвета:

а) быстро мигает при отсчете времени задержки до автоматического пуска;

б) горит постоянно при включении устройств электропуска в режимах автоматического или ручного пуска.

- индикатор «АВТ. ОТКЛ.» желтого цвета:

а) горит (мигает при питании от встроенного аккумулятора) при отключении автоматического пуска.

- кнопка «ВКЛ. ПРИ ПОЖАРЕ» для ручного электропуска системы оператором;

- кнопка «ОТКЛ. АВТ. ПУСКА» для отключения автоматического пуска исполнительного механизма системы;
- кнопка «СБРОС / ТЕСТ» для приведения устройства автоматического обнаружения возгорания и пуска в исходное рабочее состояние, при этом проводится тестирование индикаторов и звукового извещателя ППКУП;
- кнопка «ОТКЛ. ЗВУКА» для отключения звуковой сигнализации при неисправности электрических цепей (обрыв, короткое замыкание), при неисправности ППКУП.

На задней панели ППКУП расположены:

- соединители для внешних подключений X1 - X5,
 - выключатель питания прибора «ВКЛ. – ВЫКЛ.».
 - разъем типа RS4TB с возможностью подключения к персональному компьютеру и передачу сообщений о событиях в информационно-диагностическую систему (ИДС) транспортного средства.
- ИПТТ и ИПТЛ располагаются в пространстве защищаемых зон и образуют контролируемые цепи обнаружения возгорания.
 - ИПТТ предназначен для обнаружения возгорания, сопровождающегося повышением температуры внутри контролируемого пространства и передачи на ППКУП сигнала о величине температуры контролируемой среды.
 - ИПТЛ предназначен для обнаружения источника повышенной температуры (более 180°C) в любом месте на всем его протяжении и передаче на ППКУП сигнала о возгорании при оплавлении оболочки и замыкании контактов.
 - ОП предназначен для оповещения персонала о пожаре посредством подачи светозвукового сигнала и располагается снаружи транспортного средства.
 - ВПРВ предназначен для дистанционного включения УП в ручном режиме, и располагается снаружи транспортного средства в пределах досягаемости оператором.
 - МКДП и МКД предназначены для контроля рабочего давления в баллонах и выдачи сигнала неисправности в случае его падения ниже нормы.
 - УП предназначено для приведения в действие исполнительного механизма запорно-пусковой головки баллона.
 - Устройство автоматического обнаружения возгорания и пуска работает следующим образом.
 - При достижении температурного порога срабатывания ИПТТ или ИПТЛ в любой защищаемой зоне, ППКУП формирует извещение "ВНИМАНИЕ". Извещение "ВНИМАНИЕ" сопровождается включением в мигающем режиме индикатора "ПОЖАР" и

подачей прерывистого звукового сигнала оповещения.

При достижении температурного порога срабатывания одного ИПТЛ и не менее одного ИПТТ в любой защищаемой зоне, ППКУП формирует извещение "ПОЖАР". Извещение "ПОЖАР" сопровождается включением в постоянном режиме индикатора "ПОЖАР" и подачей непрерывного звукового сигнала.

Срабатывание ИПТТ или ИПТЛ в зоне двигательного отсека дополнительно сопровождается включением красным цветом в постоянном режиме индикатора "ЗОНА".

Оператор должен убедиться в достоверности возникновения возгорания или в ложном срабатывании системы и предпринять меры для его безопасной остановки.

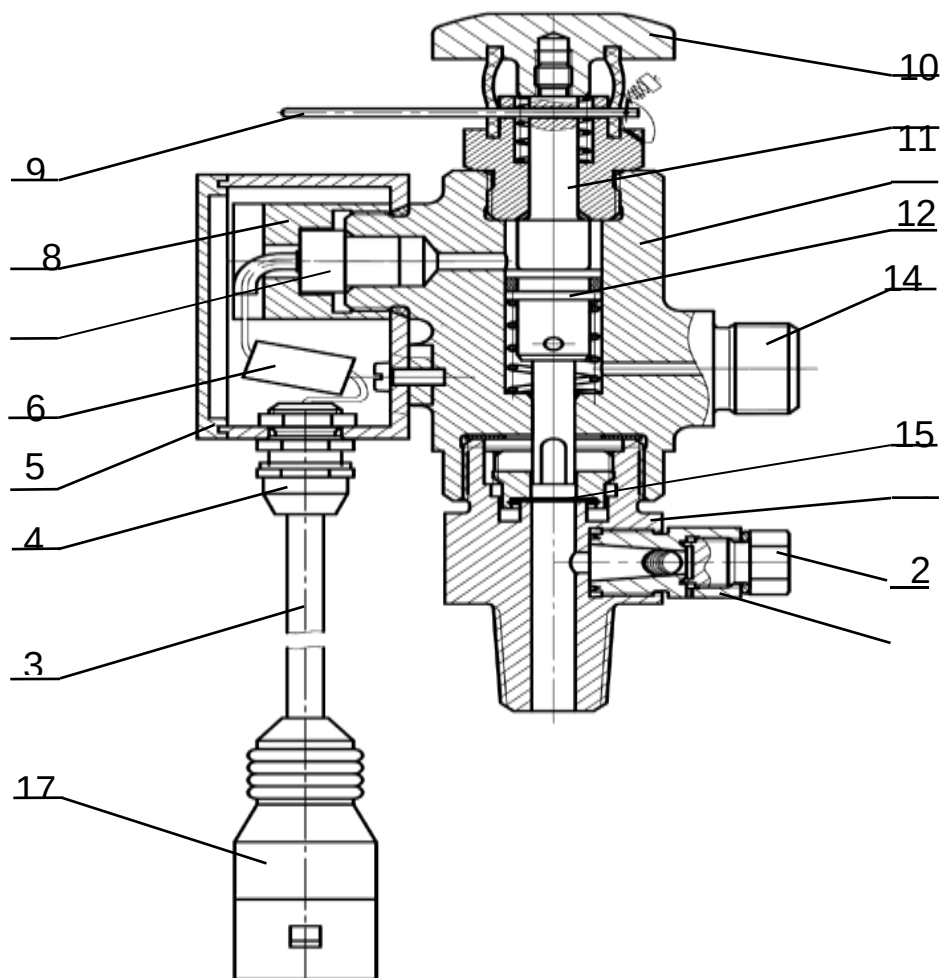
В режиме автоматического пуска начинается отсчет программно заданного промежутка времени до пуска, сопровождаемого быстрым миганием индикатора "ПУСК". До истечения времени этой задержки возможны следующие варианты:

а) ручной пуск - если оператор переводит ППКУП в ручной режим, то автоматический пуск невозможен - только принудительный ручной пуск;

б) отложенный автоматический пуск - если оператор переводит ППКУП в ручной режим, а затем снова в автоматический, то пауза до автоматического пуска продлевается и отчет времени задержки автоматического пуска начинается сначала;

в) принудительный ручной пуск - если оператор активирует включение системы, то ППКУП сразу включает УП порошковых линий;

г) автоматический пуск - если оператор не предпринимает никаких действий, то по истечении времени задержки ППКУП включает УП порошковых линий.



1 – клапан; 2 – болт; 3 – кабель; 4 – кабельный ввод; 5 – коробка с крышкой; 6 – клеммная колодка; 7 – устройство электропуска; 8 – гайка; 9 – чека; 10 – кнопка ручного пуска; 11 – шток; 12 – корпус в сборе; 13 – поршень с фрезой; 14 – рабочий штуцер; 15 – мембрана; 16 – затвор; 17 – соединитель СКП1.01.40.07.

Рисунок 4 - Запорно-пусковая головка

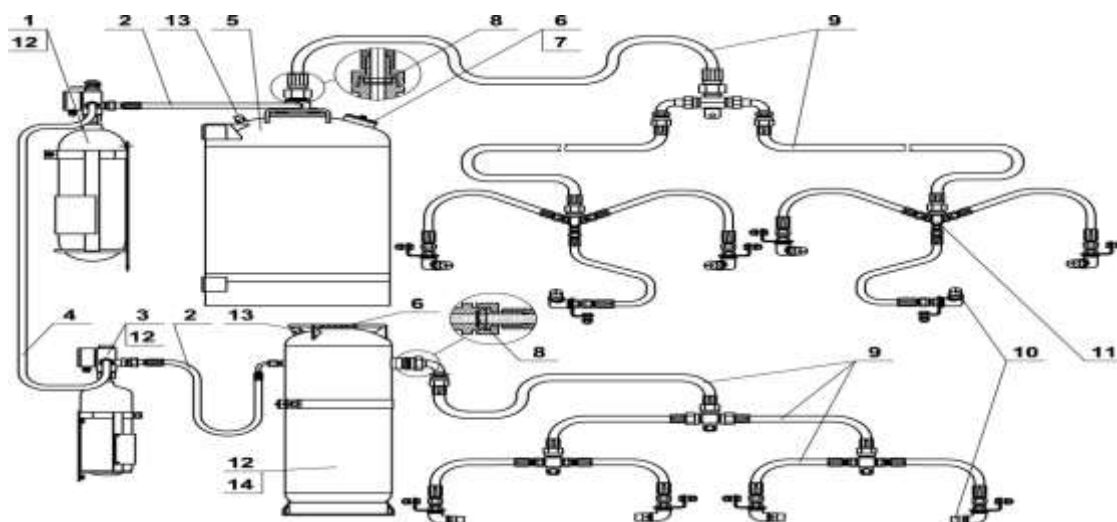
В баллоне с запорно-пусковой головкой (рисунок 4) выход газа из баллона перекрыт мембраной (14). В корпусе затвора расположен шариковый клапан (16) с пробкой (15), который предназначен для контроля значения давления манометром в баллоне при проведении технического обслуживания, а также для заправки баллона сжатым воздухом.

Коробка (5) с крышкой и гайка (7) служат для удержания устройства электропуска (6) и кабельного ввода (4).

При неисправности или отсутствии электропитания активация осуществляется выдергиванием чеки (8) и ударом кисти руки по кнопке ручного пуска (9).

В порошковой линии (рисунок 5) сжатый воздух из запускового баллона (1) по воздухопроводу (2) поступает в бак порошковый (5) и вспущивает огнетушащий порошок. Газовая взвесь порошка проходит через эрлифт, разрывает мембрану (8), служащую для создания необходимого предварительного давления, далее транспортируется по системе

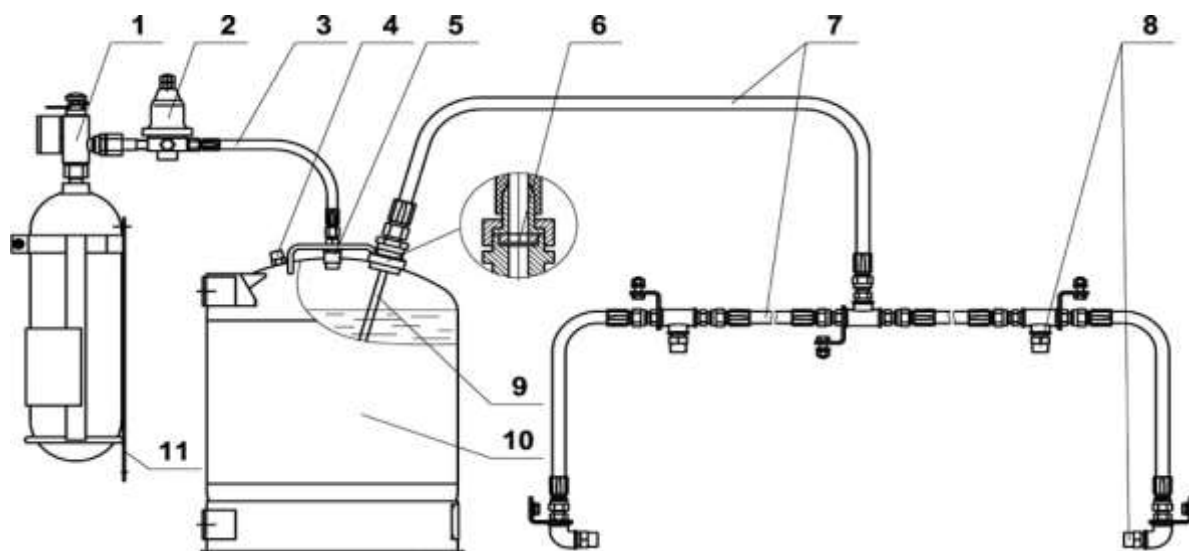
распределительных узлов и рукавов (9), и через насадок-распылители (10) поступает в защищаемую зону двигательного отсека. Баллоны порошковых модулей двигательного отсека и закабинного пространства соединяются с помощью воздухопровода (4), при запуске запускного баллона (1) запускается конечный баллон (3) по воздухопроводу (2) поступает в бак порошковый (12) и впускает огнетушащий порошок. Газовая взвесь порошка проходит через эрлифт, разрывает мембрану (8), служащую для создания необходимого предварительного давления, далее транспортируется по системе распределительных узлов и рукавов (9), и через насадок-распылители (10) поступает в зону закабинного пространства.



1 - баллон с запорно-пусковой головкой (7 л); 2 - рукав (воздухопровод); 3 - баллон с запорно- пусковой головкой (2 л); 4 - рукав (воздухопровод, соединительный); 5 - бак порошковый (70 кг); 6 - заправочная горловина; 7 - болт; 8 - мембрана; 9 - рукав (порошкопровод); 10 - насадок- распылитель; 11 - тройник распределительный; 12 - корзина; 13 - клапан предохранительный; 14 - бак порошковый (20 кг).

Рисунок 5 – Порошковые модули двигательного отсека и закабинного пространства двухкомпонентной линии

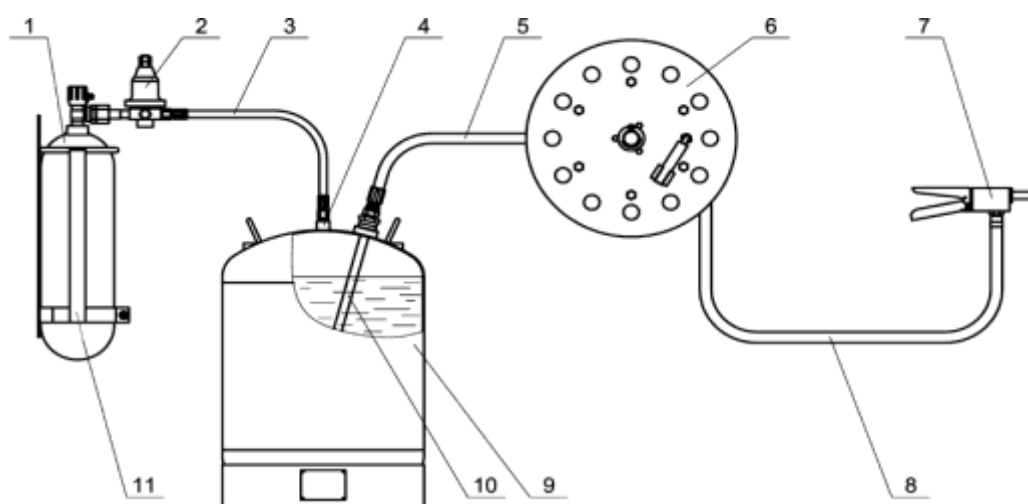
В модуле жидкостном (рисунок 6) устройство электропуска активируется через программно заданный временной интервал после активации модуля порошкового. После вскрытия мембраны, сжатый воздух из баллона (1) через редуктор (2) по воздухопроводу (3), поступает в бак жидкостный (10) и вытесняет из него охлаждающую жидкость, которая под давлением разрывает мембрану (6), и через распределительную систему рукавов (7), тройников, угольников и форсунок (8) поступает в защищаемую зону.



1 - баллон с запорно-пусковой головкой; 2 - редуктор; 3 – рукав (воздухопровод); 4 - клапан предохранительный; 5 - штуцер входа сжатого воздуха; 6 - мембрана; 7 - рукав; 8 - форсунка; 9 - заборник; 10 - бак жидкостный; 11 - корзина.

Рисунок 6 – Модуль жидкостный двухкомпонентной линии.

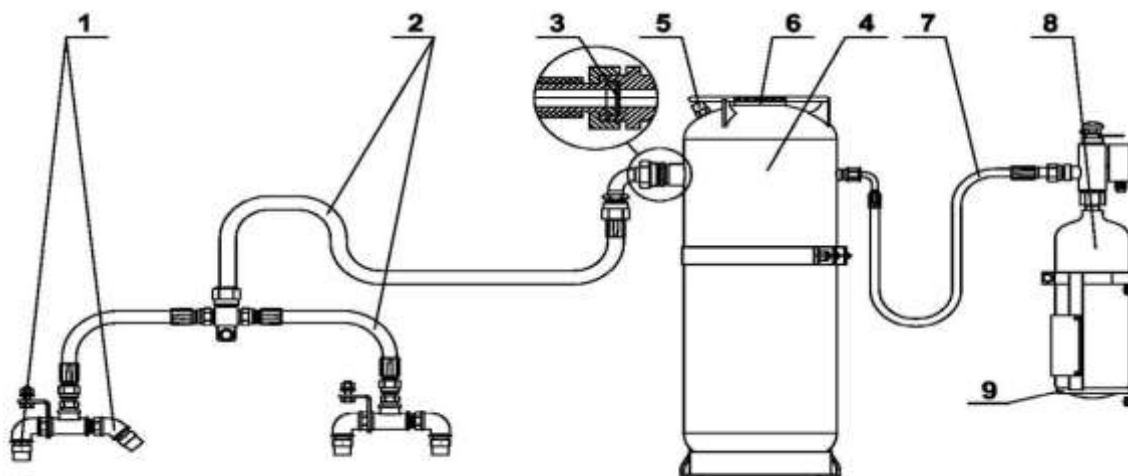
В жидкостной линии (рисунок 7) при открытии вентиля баллона (1) сжатый воздух через редуктор (2) под давлением 1,2 МПа по воздухопроводу (3) поступает в бак жидкостный (9) и вытесняет огнетушащую жидкость, который через заборник (10), рукав (5), барабан (6), рукав (8), транспортируется к запорному устройству (7). При нажатии рычага запорного устройства выбрасывается струя охлаждающей жидкости в требуемом направлении.



1 - баллон с вентилем; 2 - редуктор; 3 - рукав (воздухопровод); 4 - штуцер входа газа; 5 - рукав; 6 - барабан; 7 - запорное устройство; 8 - рукав; 9 - бак жидкостный; 10 - заборник; 11 - корзина.

Рисунок 7 – Жидкостная линия

В порошковой линии заднего моста (рисунок 8) сжатый воздух из баллона (8), установленного в корзине (9), по воздухопроводу (7) поступает в бак порошковый (4) и вспушивает огнетушащий порошок. Газовая взвесь порошка разрывает мембрану (3), транспортируется по порошкопроводу (2), и через насадок-распылители (1) поступает в защищаемую зону.



1 - насадок-распылитель; 2 - рукав (порошкопровод); 3 - мембрана; 4 - бак порошковый; 5 - клапан предохранительный; 6 - заправочная горловина; 7 - рукав (воздухопровод); 8 - баллон с запорно-пусковой головкой; 9 - корзина.

Рисунок 8 – Порошковая линия заднего моста

Маркировка на баллоны наносится в соответствии с ФНП в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением".

Маркировка на баках содержит:

- наименование предприятия-изготовителя или его товарный знак;
- обозначение системы;
- наименование бака;
- обозначение технических условий;
- давление рабочее, МПа;
- давление пробное, МПа;
- интервал рабочих температур, °С;
- заводской номер;
- год выпуска.

Табличка с инструкцией по включению системы при пожаре и информацией о том, что баллоны находятся под давлением, устанавливается на корзины баллонов с запорными устройствами.

Системы поставляются упакованными в ящики по ГОСТ 2991-85. Каждый упаковочный ящик имеет транспортную маркировку в соответствии с ГОСТ 14192-96.

Операторы горнотранспортного оборудования, оснащенных системой, и обслуживающий персонал, осуществляющий подготовку системы к работе, техническое обслуживание и ремонт должны изучить ее конструкцию и содержание настоящего РЭ.

Эксплуатация изделия должна проводиться с соблюдением требований безопасности «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ-85), ФНП в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением" и «Межотраслевых правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00).

Кнопки ручного пуска на баллонах, выносной пульт ручного включения, ППКУП устройства автоматического обнаружения возгорания и пуска должны быть опломбированы.

Баллоны должны быть подвергнуты освидетельствованию специализированной организацией один раз в 5 лет, корпуса баков гидравлическим испытаниям один раз в 5 лет.

Баллоны поставляются заряженными сжатым воздухом с транспортной заглушкой на рабочем штуцере. При монтаже и обслуживании баллонов:

- не допускаются удары по баллону, запорно-пусковой головке и вентилю, а также падение баллонов;
- баллоны должны быть надежно закреплены в корзинах;
- баллоны не должны подвергаться прямому нагреву источниками тепла;
- транспортную заглушку с рабочего штуцера баллона допускается снимать только перед присоединением воздухопровода после монтажа системы на защищаемом объекте.

Заправку модулей порошковых огнетушащим порошком необходимо проводить в помещении с вытяжной вентиляцией, при заправке пользоваться индивидуальными средствами защиты органов дыхания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. — М.: Издательство стандартов, 1969.
2. ГОСТ 23170-78. Упаковка для изделий машиностроения. Общие требования. — М. : Изд-во стандартов, 1978.
3. ГОСТ 17516.1-90. Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам. М., 1990. С. 10.
4. ГОСТ 30631-99 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам. М., 2001. С. 12.

ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ

5. <https://udokancopper.ru/>
6. <https://clck.ru/3RV7vi>
7. <https://rtd-parts.ru/>
8. <https://zaogst.ru/>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОТБОРА ПЕРСОНАЛА ДЛЯ РАБОТ С ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТЬЮ

ПУРИКОВ Д.Е., КУЗНЕЦОВ А.М.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к совершенствованию процедур профессионального отбора персонала, допускаемого к работам с повышенной опасностью. Актуальность исследования обусловлена высокими требованиями к надежности человеческого фактора в отраслях, где ошибка персонала может привести к тяжёлым последствиям для жизни и здоровья людей, а также для производственной и экологической безопасности. На основе анализа современных научных публикаций, посвященных психометрическому оцениванию, валидации инструментов отбора и учету некогнитивных предикторов успешности деятельности, автором предлагается комплексный подход к построению системы профессионального отбора. Особое внимание уделяется интеграции оценки «твёрдых» и «мягких» компетенций, методологии валидации оценочных процедур и обеспечению инклюзивности отбора без снижения требований к безопасности. Представленная в статье модель отбора базируется на принципах доказательного подхода и может быть адаптирована для организаций различных отраслей промышленности, эксплуатирующих опасные производственные объекты.

Ключевые слова: профессиональный отбор, работы с повышенной опасностью, валидация, психометрическая оценка, некогнитивные предикторы, безопасность труда, человеческий фактор, ситуационные суждения.

IMPROVING THE PROCEDURE FOR PROFESSIONAL SELECTION OF PERSONNEL FOR HIGH-RISK WORK

PURIKOV D.E., KUZNETSOV A.M.

Ural State Mining University

Abstract. The article discusses modern approaches to improving the procedures for professional selection of personnel allowed to work with increased risk. The relevance of the study is due to the high requirements for the reliability of the human factor in industries where personnel error can lead to serious consequences for human life and health, as well as for industrial and environmental safety. Based on the analysis of modern scientific publications devoted to psychometric assessment, validation of selection tools and accounting for non-cognitive predictors of success, the author suggests an integrated approach to building a professional selection system.

Special attention is paid to the integration of the assessment of "hard" and "soft" competencies, the methodology of validation of evaluation procedures and ensuring the inclusiveness of selection without reducing security requirements. The selection model presented in the article is based on the principles of an evidence-based approach and can be adapted for organizations in various industries operating hazardous production facilities.

Keywords: professional selection, high-risk jobs, validation, psychometric assessment, non-cognitive predictors, occupational safety, human factor, situational judgments.

Введение

В современных условиях промышленного производства, характеризующегося усложнением технологических систем и ужесточением требований к надежности оборудования, ключевым звеном обеспечения безопасности остается человек. Работы с повышенной опасностью — это особая категория трудовой деятельности, связанная с воздействием вредных и опасных производственных факторов, где цена ошибки измеряется не только экономическими потерями, но и человеческими жизнями. Традиционные подходы к отбору персонала, ориентированные преимущественно на проверку профессиональных знаний и стажа, в настоящее время демонстрируют ограниченную эффективность при прогнозировании поведения работника в нештатных, стрессовых ситуациях, требующих быстрого принятия решений в условиях неопределенности.

Как справедливо отмечают Шарма и его коллеги, в отраслях с высокими требованиями к безопасности — таких как аэрокосмическая, оборонная и критическая инфраструктура — недостаточно оценивать лишь технические навыки соискателя. Необходимо также понимание его психометрической устойчивости, стресс-ориентированной надежности и этической обоснованности принимаемых решений [1]. Это положение задает вектор трансформации систем профессионального отбора: от проверки квалификации к комплексной оценке человеческого потенциала, включающей когнитивные, личностные и мотивационно-волевые характеристики.

Целью настоящей статьи является обоснование направлений совершенствования процедур профессионального отбора персонала для работ с повышенной опасностью на основе современных научных данных и практических разработок в области психологии труда, организационной психологии и управления персоналом, а также анализа российского нормативного и методического опыта в данной сфере.

Теоретико-методологические основания совершенствования отбора

Эволюция требований к оценке персонала в опасных профессиях. Исторически сложилось так, что отбор на работы с повышенной опасностью (операторы атомных

станций, диспетчеры железнодорожного транспорта, пилоты, спасатели) строился на двух основных столпах: проверке профессиональных знаний и медицинском освидетельствовании. Однако накопленный опыт аварий и инцидентов, связанных с человеческим фактором, показал, что успешность деятельности в штатном режиме не гарантирует адекватного поведения в кризисной ситуации. Поведение человека под воздействием стресса, усталости или временного дефицита определяется не столько его знаниями, сколько устойчивыми личностными характеристиками, способностью к саморегуляции и особенностями когнитивного стиля.

Современные исследования в области психометрики предлагают рассматривать профессиональную пригодность как многомерный конструкт, включающий три основные группы характеристик: когнитивные способности (общий интеллект, техническое мышление, пространственное воображение), некогнитивные предикторы (личностные черты, мотивация, ценности) и специфические компетенции, формируемые в процессе профессиональной подготовки [6]. Именно интеграция этих трех групп позволяет достичь максимальной прогностической валидности отборочных процедур.

Роль некогнитивных предикторов в прогнозировании надежности. Особый интерес в контексте отбора для опасных профессий представляют некогнитивные характеристики, которые долгое время оставались на периферии внимания специалистов по подбору персонала. Исследование, проведенное Саху и его соавторами, демонстрирует, что такие личностные диспозиции, как «твердость характера» (grit) и самооффективность, являются значимыми независимыми предикторами успешности отбора в стресс-интенсивных технических областях, включая аэрокосмические операции и реагирование на чрезвычайные ситуации [2]. Авторы подчеркивают, что кандидаты, демонстрирующие высокие показатели по обеим этим характеристикам, с высокой вероятностью получают положительное решение о найме и впоследствии демонстрируют более высокую устойчивость к профессиональным нагрузкам.

Твердость характера, понимаемая как страстная приверженность долгосрочным целям в сочетании с настойчивостью в преодолении трудностей, оказывается особенно важной для профессий, где высока вероятность столкновения с неудачами и необходимость длительного сохранения концентрации внимания. Самоэффективность – вера в собственную способность успешно справляться с поставленными задачами – определяет, насколько активно работник будет искать выход из сложной ситуации и в какой мере он способен мобилизовать свои ресурсы в критический момент.

Когнитивные способности: возвращение к обоснованному использованию. В дискуссиях о совершенствовании отбора в последние годы наблюдается некоторая

редукция роли когнитивных тестов, связанная с опасениями по поводу их возможного дискриминационного эффекта. Однако анализ современной литературы свидетельствует о необходимости возвращения к сбалансированной позиции. В работе Куликовски с соавторами, опубликованной в *Journal of Occupational and Organizational Psychology* в 2025 году, убедительно доказывается, что когнитивные способности сохраняют статус одного из наиболее сильных предикторов успешности выполнения профессиональных задач, особенно в сложных, интеллектуально насыщенных ролях [6]. Ключевым тезисом данной работы является утверждение о том, что наблюдаемые групповые различия в тестовых баллах отражают реальные различия в навыках, а не являются свидетельством несправедливости инструмента. Авторы призывают не к отказу от когнитивного тестирования, а к его использованию в комплексе с дополнительными инструментами, что позволяет сохранить высокую прогностическую валидность при минимизации потенциальных рисков.

Практические направления совершенствования процедур отбора

Интеграция психологического профилирования в систему оценки. Одним из перспективных направлений совершенствования отбора является внедрение психологического профилирования как обязательного элемента оценочной процедуры. Шарма и его коллеги предлагают концепцию человеко-ориентированной системы оценки, которая включает в себя не только традиционные методы, но и ситуационные тесты (Situational Judgement Tests, SJT), а также поведенческие симуляции, позволяющие смоделировать реакции кандидата на ситуации с высокой степенью неопределенности и риска [1]. Такой подход позволяет оценить не столько декларируемые установки, сколько реальные паттерны поведения, проявляющиеся в условиях, приближенных к профессиональным.

Ситуационные тесты занимают особое место в системе отбора для опасных профессий. Они представляют собой описание сложных, неоднозначных ситуаций, с которыми работник может столкнуться в своей деятельности, и предлагают выбор вариантов действий. Эффективность таких тестов заключается в том, что они позволяют оценить не только знание правильных алгоритмов, но и ценностно-смысловую сферу кандидата, его склонность к тем или иным формам поведения. В отличие от традиционных интервью, ситуационные тесты в большей степени стандартизированы и менее подвержены влиянию субъективных факторов, связанных с впечатлением интервьюера.

Инструментарий оценки когнитивных и личностных характеристик. Важным ресурсом для совершенствования отбора является разработка и валидация специализированных опросников, учитывающих специфику деятельности в условиях

повышенной опасности. В исследовании Дептулы и Носаля представлен опросник экспертно-инновационного поведения, который может быть использован для отбора специалистов, участвующих в оценке рисков инноваций и работающих в условиях неопределенности [3]. Инструмент базируется на четырех шкалах: открытость ума, закрытость ума, когнитивная мотивация и реакция на неопределенность. Авторы подчеркивают, что эффективный специалист в условиях риска должен сочетать творческий подход к решению проблем с адекватным уровнем осторожности, что и отражается в структуре опросника.

Открытость ума характеризует способность воспринимать новую информацию, не отвергая её из-за когнитивного диссонанса, и готовность к пересмотру принятых решений при поступлении новых данных. Когнитивная мотивация отражает потребность в понимании сложных систем, стремление разобраться в причинах происходящего – качество, критически важное для диагностики предпосылок аварийных ситуаций. Реакция на неопределенность оценивает, насколько комфортно кандидат чувствует себя в ситуациях с неполной информацией и способен ли он принимать взвешенные решения в таких условиях.

Валидация как системообразующий элемент качественного отбора. Ключевым условием эффективности любой системы отбора является её валидация – научно обоснованное подтверждение того, что используемые инструменты действительно позволяют прогнозировать успешность и безопасность будущей профессиональной деятельности. Как отмечает доктор Стивен Флетчер, совместный исполнительный директор Occupational Psychology Centre, валидация в рекрутинге – это ответ на фундаментальный вопрос: позволяют ли наши оценочные инструменты точно выявить тех, кто с большей вероятностью будет успешно и безопасно работать? [4].

Процесс валидации включает в себя несколько этапов. На первом этапе проводится тщательный анализ должности (job analysis), в ходе которого определяются критические задачи, ключевые компетенции и стандарты успешного выполнения работы. Без этого этапа невозможно гарантировать, что отбор направлен на измерение действительно важных характеристик, а не тех, которые удобно или привычно оценивать. На втором этапе собираются данные о результатах оценочных процедур кандидатов. На третьем, после того как отобранные кандидаты приступают к работе, собираются критериальные данные: показатели успешности обучения, оценки руководителей, данные о безопасности (инциденты, нарушения, срывы заданий). Статистический анализ связи между предикторами (оценочными баллами) и критериями (реальными показателями работы)

позволяет определить, какие инструменты действительно работают, а какие лишь создают иллюзию объективности.

Инклюзивность отбора: расширение возможностей без снижения стандартов. Современное понимание эффективного отбора включает в себя не только прогностическую валидность, но и справедливость по отношению к различным группам кандидатов. Однако обеспечение инклюзивности не должно означать снижение требований к безопасности. Напротив, истинно инклюзивный подход – это такой подход, который позволяет выявить действительно способных кандидатов, чьи сильные стороны могут быть неочевидны при использовании традиционных, ограниченных методов оценки.

Критический анализ современных методов отбора показывает, что многие из них неявно ориентированы на нейротипичных кандидатов и могут создавать барьеры для людей с нейроразличиями (аутизм, дислексия, СДВГ) [5]. Например, видеосообщения, оценивающие зрительный контакт, нерелевантны для должностей, где социальное взаимодействие не является критическим. Скоростные тесты могут дискриминировать кандидатов, которые демонстрируют высокое качество работы, но нуждаются в чуть большем времени для обработки информации. При этом, как показывают исследования, при использовании правильно сконструированных инструментов оценки различия в результатах между нейротипичными и нейроразличными кандидатами могут быть незначительными или отсутствовать вовсе [5].

Комплексное использование методов: от комбинации к системе. Ни один отдельно взятый метод оценки не обладает достаточной валидностью для принятия кадровых решений в отношении работ с повышенной опасностью. Современная наука об оценке персонала предлагает использовать комбинации методов, которые в совокупности обеспечивают более высокую прогностическую силу, чем каждый из них по отдельности. Наиболее эффективными признаются комбинации, включающие оценку общих умственных способностей в сочетании с тестами целостности, структурированными интервью или образцами работы (work samples) [6]. Такие комбинации достигают валидности на уровне $r \approx 0,60-0,65$, что значительно превышает показатели использования любого из методов в отдельности.

Российская нормативная и методическая база профессионального отбора

При построении системы отбора для работ с повышенной опасностью в Российской Федерации необходимо опираться на сложившуюся нормативно-правовую и методическую базу. Важнейшим ориентиром являются профессиональные стандарты, которые устанавливают требования к квалификации, знаниям и умениям работников. Однако, как отмечают Раменская и соавторы, сами по себе профессиональные стандарты не

гарантируют надежности и валидности процедур отбора; требуется дополнительная методическая проработка оценочного инструментария с учетом специфики конкретного рабочего места [9].

Значительный вклад в стандартизацию оценочных процедур внесла Федерация оценки персонала (ФОП), разработавшая «Стандарт тестирования персонала» и «Стандарт центра оценки» [10, 11]. Эти документы устанавливают требования к разработке, проведению и валидации методов оценки, включая обязательность анализа деятельности, проверку надежности и прогностической валидности, а также требования к квалификации специалистов, проводящих оценку. В 2015 году группой отечественных психологов под руководством Н.А. Батурина был подготовлен «Российский стандарт тестирования персонала» [7], который, хотя и носил характер временной версии для широкого обсуждения, заложил основы доказательного подхода к использованию тестов в кадровой практике.

Методический инструментарий, рекомендованный для проведения конкурсного отбора на государственной гражданской службе [12], также акцентирует внимание на необходимости использования валидизированных методик, сочетающих оценку профессиональных знаний, умений и личностных качеств. В рамках этого подхода особое значение придается выбору готовых тестовых методик, имеющих подтвержденные психометрические характеристики.

Исследования, проведенные российскими авторами, подтверждают высокую значимость когнитивных тестов для прогнозирования успешности деятельности в сложных технических системах. Так, в работе Д.Ф. Аббакумова показано, что числовые и вербальные тесты способности демонстрируют устойчивую связь с результатами работы сотрудников, особенно на начальных этапах профессиональной карьеры [14]. В то же время, как подчеркивают Попов и Лурье, прогностическая сила оценки существенно возрастает при использовании комплексных методов, таких как центры оценки, где когнитивные и личностные характеристики оцениваются в динамике решения практических задач [13].

Организационно-управленческие аспекты внедрения

Нормативно-правовое обеспечение. Внедрение усовершенствованных процедур отбора требует внимания к вопросам правовой защищенности принимаемых решений. Валидированные, стандартизированные процедуры, основанные на объективных данных о связи между результатами оценки и успешностью работы, обладают значительно более высокой юридической защищенностью по сравнению с субъективными, слабо структурированными методами [4]. В случае оспаривания кадрового решения работодатель может представить доказательства того, что отбор проводился на основе объективных,

профессионально значимых критериев, и что используемые инструменты прошли научную проверку на валидность и надежность.

Экономическая эффективность. Совершенствование процедур отбора требует инвестиций – в разработку или приобретение инструментов, проведение валидационных исследований, обучение специалистов. Однако эти инвестиции окупаются за счет снижения издержек, связанных с ошибочным наймом. К таким издержкам относятся затраты на дообучение несоответствующих требованиям сотрудников, повышенный уровень брака и нарушений, текучесть кадров, а также – что особенно важно для работ с повышенной опасностью – риски аварий и несчастных случаев. Валидационные исследования позволяют не только подтвердить эффективность отбора, но и выявить инструменты, не добавляющие ценности, отказ от которых позволяет сократить издержки без потери качества [4].

Роль кадровых служб и психологических служб организации. Для успешного внедрения усовершенствованных процедур отбора необходима тесная интеграция кадровых служб, служб охраны труда и психологических подразделений организации. Специалисты по подбору персонала должны владеть основами психометрики и понимать принципы валидации. Психологи, в свою очередь, должны быть вовлечены не только в проведение оценки, но и в анализ критериев успешности, разработку профилей компетенций и интерпретацию результатов валидационных исследований. Такое междисциплинарное взаимодействие позволяет создать систему отбора, которая одновременно удовлетворяет требованиям производственной безопасности, кадровой эффективности и юридической защищенности.

Заключение. Совершенствование процедур профессионального отбора персонала для работ с повышенной опасностью представляет собой комплексную задачу, требующую интеграции современных научных знаний в области психологии труда, психометрики и управления персоналом. Основными направлениями такого совершенствования являются переход от оценки преимущественно профессиональных знаний к комплексной оценке, включающей когнитивные способности, некогнитивные предикторы (твёрдость характера, самооффективность, реакцию на неопределенность) и профессионально важные качества; внедрение современных методов оценки, таких как ситуационные тесты и поведенческие симуляции, позволяющие моделировать поведение кандидата в условиях, приближенных к реальной профессиональной деятельности; создание системы валидации как обязательного элемента управления отбором, обеспечивающего эмпирическое подтверждение связи оценочных процедур с реальными показателями успешности и безопасности работы; обеспечение инклюзивности отбора через отказ от нерелевантных требований и использование инструментов, справедливых по отношению к различным группам

кандидатов, без снижения стандартов безопасности; формирование комплексных оценочных систем, сочетающих несколько валидных методов для достижения максимальной прогностической силы.

В российской практике эти подходы могут быть реализованы на основе существующих нормативных и методических документов – профессиональных стандартов, стандартов Федерации оценки персонала, рекомендаций по проведению конкурсного отбора. При этом ключевым условием успеха остается проведение локальных валидационных исследований, позволяющих адаптировать общие методы к специфике конкретных организаций и должностей.

Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку отраслевых стандартов валидации, создание специализированных инструментов для оценки специфических для опасных профессий компетенций, а также на изучение долгосрочных эффектов внедрения усовершенствованных систем отбора на показатели безопасности и надежности персонала. Важным направлением также является разработка подходов к адаптации существующих инструментов для различных профессиональных групп с учетом специфики их деятельности в условиях повышенной опасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sharma, M., Dewangan, T., & Chauhan, R. (2025). Psychological Profiling for Security-Sensitive Engineering Roles Using a Human-Centric Screening Framework. *TPM – Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology*, 32(S2), 1960–1966.
2. Sahu, D. K., Singh, A. K., & Joshi, P. K. (2025). Assessing Grit and Self-Efficacy as Predictors for Recruitment in Stress-Intensive Technical Fields. *TPM – Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology*, 32(S2), 1960-1966.
3. Deptuła, A. M., & Nosal, C. S. (2025). Expert-innovator behaviour questionnaire as a new tool for selecting potential experts. *Engineering Management in Production and Services*, 17(2), 106-116.
4. Fletcher, S. (2025). Selection that stands up: Why validated assessment tools are essential in safety-critical recruitment. *Rail Business Daily*.
5. Specialisterne USA. (2025). Ensuring Selection Validity: Removing a Barrier to Neuroinclusive Hiring.
6. Kulikowski, K., et al. (2025). In defence of cognitive ability testing: Affirming the evidence for its continued use in personnel selection and admission decisions. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*.

7. Батурин, Н. А., Вучетич, Е. В., Костромина, С. Н., Кукаркин, Б. А., Куприянов, Е. А., Лурье, Е. В., ... Шмелев, А. Г. (2015). Российский стандарт тестирования персонала (временная версия, созданная для широкого обсуждения в 2015 году). Организационная психология, 5(2), 67-138.
8. Пыряев, В. В. (2024). Процесс отбора кандидатов на должность в соответствии с требованиями и структурой профессиональных стандартов РФ на основе методов нечеткой логики и анализа иерархий. Управление человеческими ресурсами (Приложение к журналу «ПТПМА»).
9. Раменская, Г. П., Раменский, С. Е., & Раменская, В. С. (2017). Вопросы надежности и валидности профессиональных стандартов при решении задач профессионального отбора. В Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: материалы 22-й Международной научно-практической конференции (с. 135-137). Екатеринбург: РГППУ.
10. Федерация оценки персонала. (2015). Стандарт тестирования персонала. Национальная конфедерация «Развитие человеческого капитала» (НК РЧК).
11. Федерация оценки персонала. (2013). Стандарт центра оценки.
12. Минтруд России. (2018). Приложение N 8. Рекомендации по выбору готовых методик тестирования (к Методическому инструментарию по проведению конкурсного отбора на замещение вакантных должностей государственной гражданской службы).
13. Попов, А. Ю., & Лурье, Е. В. (2012). Те же люди, другое время: Валидность и надежность Центров оценки, динамика развития оцененных компетенций. Организационная психология, 2(4).
14. Аббакумов, Д. Ф. (2011). Сравнительный анализ эффективности числового и вербального тестов при прогнозировании результатов работы сотрудников. Организационная психология, 1(1).