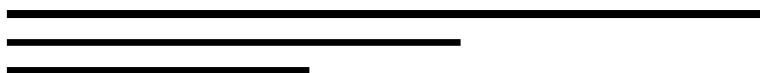


ISSN 2415-8585



ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

**«МАКЕЕВСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ
В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**



***Способы и средства
создания безопасных и здоровых
условий труда в угольных шахтах***

Выпуск № 2 (апрель – июнь) (69) 2025

Макеевка

2025

**Комитет по науке и технологиям
Донецкой Народной Республики**

***ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«МАКЕЕВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»***

***Способы и средства создания безопасных и
здоровых условий труда в угольных шахтах***

Сборник

Выходит 4 раза в год

Основан в декабре 1988 г.

Выпуск № 2 (апрель – июнь) (69) 2025

**Макеевка
ГБУ «МАКНИИ»
2025**

УДК 622.8.004.2

ISSN 2415-8585

Учредитель, редакция и изготовитель – *Государственное бюджетное учреждение «Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности»*

СМИ зарегистрировано Министерством информации Донецкой Народной Республики: Свидетельство ААА № 000203 от 26.06.18 г.

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук Безбородов В.А.	– главный редактор
канд. техн. наук Диденко В.В.	– заместитель главного редактора
канд. техн. наук Кременев О.Г.	– ответственный секретарь
канд. техн. наук Гладков А.Ю.	– технический секретарь
д-р техн. наук Алабьев В.Р.	
канд. техн. наук Диденко В.П.	
д-р техн. наук Долженков А.Ф.	
д-р техн. наук Канин В.А.	
д-р техн. наук Ковалев А.П.	
канд. техн. наук Лобода В.В.	– научный редактор
д-р техн. наук Медведев В.Н.	

Сборник включен в библиографическую базу данных Российского индекса научного цитирования (договор № 84-03/2018 от 07.03.2018 г.)

Подписан к печати по рекомендации Ученого совета ГБУ «МАКНИИ» (протокол № 5 от 16.06.2025).

Освещаются вопросы состояния безопасности труда в угольных шахтах. Предлагаются меры для предупреждения несчастных случаев, улучшения санитарно-гигиенических условий труда в шахтах. Указываются перспективные направления для обеспечения безопасности горных работ.

Статьи, помещенные в сборнике, актуальны, посвящены современным проблемам снижения травматизма, содержат полезную информацию и практические рекомендации для инженерно-технических работников отрасли.

©

ГБУ «МАКНИИ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

I. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

**Бойко Я.Н., Богоудинов Р.М., Цопа А.Н., Ризниченко С.А.,
Черниговцев А.А.**

**О влиянии глубины горных работ и метаморфизма угленосных
отложений Донбасса на проявление выбросоопасности песчаников 6**

Деменков А.И., Болтунов О.Г., Майбенко Н.И., Толстова А.В.

**Об инертизации метановоздушной среды в зоне разрушения угольного
пласта..... 13**

Рыжков М.Ф., Бондаренко А.Д., Черниговцева А.А., Левченко Л.М.

**О проявлении выбросов породы и газа при проведении вертикальных
и наклонных выработок на шахтах Донбасса..... 20**

Строев Н.Н., Кривоноженков М.В.

**О воздействии общешахтной депрессии на металлические копровые
сооружения 27**

II. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Медведев В.Н., Беляева Е.В., Осташко Б.И.

**Оценка перспективы использования базовых методов
прогнозирования случайных процессов в шахтной метанометрии 33**

**Лобода В.В., Н.А. Белоносова Н.А., Верещагина Е.В., Манец Н.В.,
Соломаха А.А., Шепелева В.А.**

**О результатах экспериментальных исследований эффективности
работы системы аварийной защиты шахтных передвижных винтовых
компрессорных установок..... 42**

**Гладков А.Ю., Горошко И.П., Гаврилко В.А., Карповский А.Ю.,
Бершадский И.А.**

**Определение граничных параметров емкостной составляющей токов
утечки на землю, обеспечивающих электробезопасность в шахтных
участковых сетях 3,3 кВ..... 49**

Трунов Л.Ф., Горелов А.В.

**О создании короткозабойной технологии для отработки пологих
маломощных пластов..... 58**

Трунов Л.Ф., Горелов А.В.

**Об основных параметрах короткозабойной технологии выемки угля
на пологих пластах в условиях шахт Донбасса..... 63**

Мельников С.А., Капран Л.Н., Кирин В.Н.

**Анализ эффективности средств для локализации взрывов газа и
угольной пыли на шахтах 69**

Мельников С.А., Капран Л.Н., Кирин В.Н.

О повышении устойчивости горных выработок..... 75

III. ОХРАНА ТРУДА

Деревянский В.Ю., Деньга В.В.

**О требованиях к взрывоподавляющим веществам, используемым в
средствах для локализации взрывов газа и пыли в угольных шахтах ... 81**

Деревянский В.Ю., Деньга В.В.

**О методике расчета массы инертной пыли или воды для шахтных
полочных заслонов 87**

Кременев О.Г.

О травматизме при выполнении стропальных работ в подземных выработках угольных шахт Донбасса	92
---	-----------

Деревянский В.Ю., Голик И.Ю., Сафин Р.Г.

О требованиях охраны труда при выполнении стропальных работ на предприятиях «ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ШАХТ»...	100
---	------------

Кременев О.Г., Сафин Р.Г., Ямнюк Л.И.

О причинах аварий и травматизма при хранении, транспортировке эксплуатации баллонов со сжатыми и сжиженными газами на шахтах	107
---	------------

Деревянский В.Ю., Зушинская В.В.

Классификация причин несчастных случаев на предприятиях угольной промышленности и ее апробация на примере травматизма при выполнении стропальных работ	115
---	------------

I. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 622.831

**Я.Н. БОЙКО, зав. лаб.,
Р.М. БОГОУДИНОВ, зав. отд.,
А.Н. ЦОПА, науч. сотр.,
С.А. РИЗНИЧЕНКО, инж.,
А.А. ЧЕРНИГОВЦЕВ, инж.; ГБУ «МАКНИИ», г. Макеевка**

О ВЛИЯНИИ ГЛУБИНЫ ГОРНЫХ РАБОТ И МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДОНБАССА НА ПРОЯВЛЕНИЕ ВЫБРОСООПАСНОСТИ ПЕСЧАНИКОВ

Приведены результаты исследований влияния глубины горных работ и метаморфизма угленосных отложений на выбросоопасность песчаников. Скорректированы границы выбросоопасности песчаников на эталонной шкале метаморфизма углей. Показано изменение выбросоопасности песчаников по мере увеличения глубины горных работ и распределение выбросов в зависимости от угла падения пород.

Ключевые слова: шкала метаморфизма, угленосные отложения, выбросоопасность песчаников, пористость, влажность, природная газоносность, глубина работ, выход летучих веществ.

Как показывает мировой опыт ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям (ГДЯ), первые выбросы породы и газа произошли примерно через 100 лет после первых крупных выбросов угля и газа [1] и на глубине значительно большей, чем выбросы угля и газа. В Донбассе минимальная глубина проявления выбросоопасности угля и газа составляет 150 м, выбросоопасность пород и газа – 640 м. Отличие в проявлении выбросоопасности в зависимости от глубины связано, прежде всего, с прочностью и газоносностью угля и пород. Поскольку песчаники значительно прочнее и менее газоносные, чем угольные пласты, выбросы породы и газа начали происходить на большей глубине, так как увеличилось горное давление. Кроме того, как показывает опыт ведения горных работ на шахтах, отрабатывающих пласты, склонные к ГДЯ, выбросоопасность угля и газа и породы и газа зависит не только от глубины, но и от метаморфизма угленосных отложений.

Исследованиями [1] установлено, что выбросоопасность пород в геолого-промышленных районах Донбасса отсутствует на шахтах, разрабатывающих выбросоопасные угольные пласты с весовым выходом летучих веществ $11\% > V^{daf} > 44\%$. Следовательно, граничные значения степени метаморфизма угленосных отложений, определяющие отсутствие природной выбросоопасности пород, по сравнению с углем, «смещены» в область более низкой степени метаморфизма.

Это положение закреплено в ранее действующем стандарте [2], согласно которому песчаники относят к не выбросоопасным на шахтах, разрабатывающих угольные пласты марок Д, Т, А, а также частично марки Г, с показателями отражательной способности витринита $R^o < 0,75$ у.е. и содержания углерода $C < 84\%$, а на шахтах, отрабатывающих угольные пласты марок ОС, Ж, К и Г – с $R^o \geq 0,75$ у.е и $C \geq 84\%$ песчаники являются потенциально выбросоопасными.

Однако, как показал опыт ведения горных работ, использование [2] на шахтах, разрабатывающих пласты марки Г, не представлялось возможным, т.к. отсутствовала лабораторная база для определения отражательной способности витринита R^o и содержания углерода, а в геологических отчетах эти данные часто отсутствуют. Использование граничных значений выбросоопасности песчаников, установленных 40 лет назад, показывало необходимость их отнесения к потенциально опасным по выбросам, что требовало дополнительных затрат для прогноза выбросоопасности или применения режима сотрясательного взрывания при пересечении их горными выработками. Подтверждением ошибочности критериев являются данные, показывающие, что за весь период ведения горных работ выбросов песчаников на шахтах, отрабатывающих пласты марки ОС, не происходило, однако песчаники на этих шахтах, согласно [2], отнесены к потенциально выбросоопасным. В связи с этим, граничные условия проявления выбросоопасности песчаников, в зависимости от метаморфизма угленосных отложений, могут быть скорректированы на основании анализа объема данных о выбросах, произошедших за последнее время в изменившихся горно-геологических условиях на значительных глубинах ведения горных работ. Это будет способствовать уменьшению объемов противовыбросных мероприятий при обеспечении необходимого уровня безопасности работ, что является актуальной задачей.

Цель работы – скорректировать граничные условия проявления выбросоопасности песчаников на основании анализа дополнительных данных о выбросах, произошедших с 1955 года по настоящее время.

Данные о выбросах песчаников в шахтах Донбасса приведены в таблице. Анализ материалов расследования динамических явлений проведен

на базе информационно-аналитической программы регистрации выбросов породы и газа, разрабатываемой МАКНИИ в 2024-2025 гг.

Таблица

Распределение выбросов песчаников
в геолого-промышленных районах Донбасса

Шахта	Индекс песча- ника	Кол-во выбро- сов по шахте	Глубина вы- бросов, м		Выход ле- тучих ве- ществ, V^{daf} , %	Марка угленос- ных от- ложений
			min	max		
1	2	3	4	5	6	7
Объединение «Донецкуголь» (ДУЭК)						
им. А.А. Скочинского (Петровская-Глубокая)	$h_4Sh_6^1$	3062	900	1350	31	Ж, Г
№ 4-21	$h_4Sh_6^1$	64	933	1020	31	Ж, Г
№ 29	h_4Sh_7	11	898	915	32	Ж
им. А.Ф. Засядько	$l_1Sl_2^1$	194	802	1078	28-33	Ж
	$l_4^1Sl_5$					
	L_5Sl_5					
	L_5Sl_4					
	L_7Sl_7					
	$l_7^1Sl_8$					
	m_1Sm_1					
	$M_1^0Sm_8^1$					
	$m_4^0SM_5$					
ш/у «Октябрьское»	$l_1^HSl_2$	2	875	875	34-39	Ж, Г
«Октябрьский рудник»	l_1Sl_3	97	972	995	34-39	Ж, Г
	$l_7^1Sl_7$					
	l_6Sl_7					
	$l_8Sl_8^2$					
	$k_9Sk_7^5$					
	m_2Sm_3					
«Бутовка–Донецкая»	$n_1Sn_1^1$	134	1206	1226	38	Г
№ 10-бис «Глубокая»	$m_3Sl_8^1$	10	995	995	34-37	Г
Объединение «Макеевуголь»						
им. А.Б. Батова	K_4Sk_4	6	820	820	22	К
им. В.И. Ленина	$K_7^4SK_7^5$	3	703	703	2235	К, Ж
«Ново–Бутовка»	$n_1Sn_1^1$	2	677	677	38	Г
«Щегловская–Глубокая» (им. Поченкова)	$l_6^HSl_8^1$	120	858	1035	24-34	Ж
	$m_5^HSm_4^3$					
	M_2Sm_3					
«Красногвардейская»	$l_2^1Sl_1$	9	640	750	32-34	Ж
им. С. Орджоникидзе	$l_1Sl_2^1$	6	810	810	23-24	К

*Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда
в угольных шахтах. – 2025. – 2 (69)*

Окончание таблицы						
1	2	3	4	5	6	7
Объединение «Красноармейскуголь»						
«Красноармейская-Западная»	$l_2^1Sl_1$	44	977	986	27-33	К, Ж
	l_2Sl_3					
	$l_2Sl_2^1$					
им. А. Стаханова	$k_3^H Sk_5^B$	68	825	1288	33-39	Ж, Г
	$k_4Sk_5^H$					
	$k_7^7Sk_7^5$					
«Краснолиманская»	$K_5SK_5^0$	4	862	962	35-36	Ж, Г
	$k_3Sk_7^3$					
Объединение «Первомайскуголь»						
им. В.Р. Менжинского	$l_5^1Sl_6$	8	980	980	32-34	Ж
Объединение «Краснодонуголь»						
«Суходольская-Восточная»	$l_3^1Sl_4^1$	3	915	915	21-27	К
«Самсоновская-Западная»	$k_2^H Sk_3^1$	41	834	956	28-36	Ж
	K_1Sk_1					
	$K_2^1SK_3^B$					
Объединение «Артемуголь»						
им. Н. Изотова	k_6Sk_7	1	990	990	26	К, Ж
«Кочегарка»	–	2	860	860	21-34	К, Ж
им. Ю. Гагарина	–	2	830	830	21-34	К, Ж
«Комсомолец»	$m_6^2Sm_7$	1	740	740	28-35	К, Ж
им. Румянцева	K_8Sl_1	1	970	970	22-24	К
Объединение «Дзержинскуголь»						
«Северная» (им. Ворошилова)	$k_7Sk_7^1$	7	1050	1160	26-33	К, Ж
им. Артема	$m_4^2Sm_4^3$	5	860	1100	21-34	К, Ж
	$k_5^1SK_5^2$					
	k_7Sk_8					
им. Ф. Дзержинского	k_8Sl_9	6	916	916	23-31	К, Ж

Анализ данных таблицы показал, что выбросы песчаников зафиксированы на 50 шахтопластах в 31 шахте Донецко-Макеевского, Красноармейского, Краснодонского и Центрального геолого-промышленных районов Донбасса. Из таблицы также следует, что весовой выход летучих веществ V^{daf} угольных пластов на участках выбросов песчаников изменяется в пределах 21 – 42 %, а выбросы произошли в диапазоне глубин 640–1350 м. Всего произошло 3913 выбросов породы и газа, из которых 3892 (99%) на шахтах, отрабатывающих пласты пологого (наклонного) залегания и 21 (1%) – на крутопадающих пластах. Следует отметить, что все выбросы произошли в забоях подготовительных выработок при выполнении взрыв-

ных работ в режиме сотрясательного взрывания, а внезапных выбросов породы и газа не отмечено.

Для определения групп метаморфизма угленосных отложений Донбасса, в которых произошли выбросы песчаников, используется эталонная шкала метаморфизма угля [3] в диапазоне групп метаморфизма 1Д, 2Г, 3Г, 4Ж, 5К, 6ОС и 7Т. На шкале показан метаморфизм углей и палеоглубины угленосных отложений. На основании анализа установлены верхняя и нижняя границы метаморфизма угленосных отложений, в пределах которых происходили выбросы песчаников, указанные на шкале, приведенной на рисунке.

Группы метаморфизма углей	Шкала погружения, м	Отражательная способность вытравленного, R _{пав} , %	Весовой выход летучих веществ, V _{daf} , %	Границы выбросоопасности песчаников
1 Д				
2 Г	2500	7,6	45	Верхняя граница выбросоопасности песчаников
		8,0	42	
3 Г	3000	8,2	38	
		8,4	35	Выбросоопасная зона
	3500	8,6	32	
4 Ж		8,8	30	
		9,0	27	
5 К	4000	9,6	25	
		10,0	22	Нижняя граница выбросоопасности песчаников
6 ОС		11,0	20	
			17	
	4500		15	
7 Т			13	
			10	

Рисунок – Эталонная шкала метаморфизма углей с указанием верхней ($V^{daf} = 42\%$) и нижней ($V^{daf} = 21\%$) границ выбросоопасности песчаников

Выбросы песчаников произошли на шахтах, отрабатывающих угольные пласты 3, 4, 5 групп метаморфизма (марки Г ($V^{daf} \leq 42\%$), Ж, К) и отсутствовали на шахтах, отрабатывающих угольные пласты 1, 2 и 6, 7 групп

метаморфизма (марки Д, Г ($V^{daf} > 42\%$), ОС, Т). Это объясняется влажностью и пористостью песчаников, которые определяют степень заполнения их пор газом [4]. Наибольшее заполнение пор газом имеют песчаники на угленосных отложениях 3 и 4 групп метаморфизма (90-95 %). В Донецко–Макеевском геолого-промышленном районе – это песчаники на шахтах им. А.А. Скочинского, № 4-21, им. А.Ф. Засядько, «Октябрьский рудник», «Бутовка–Донецкая», «Щегловская–Глубокая», в Красноармейском геолого-промышленном районе – ш. «Красноармейская–Западная» и им. А. Стаханова, в Краснодонском районе – ш. «Самсоновская–Западная», на которых произошло наибольшее количество выбросов породы и газа (таблица). Это свидетельствует о роли природной газоносности в проявлении выбросов породы и газа – в малогазоносных породах, соответствующих углям 1-2-й и 6-7-й групп метаморфизма, выбросы породы и газа отсутствуют.

ВЫВОДЫ

Минимальная глубина проявления выбросоопасности песчаников в Донбассе составляет 640 м. Увеличение глубины горных работ ведет к росту их газодинамической активности, максимальное количество выбросов произошло на глубинах 900-1350 м.

Большинство выбросов песчаников (99 %) произошло на пластах пологого (наклонного) залегания.

Все выбросы произошли в забоях подготовительных выработок при буровзрывном способе воздействия на призабойную зону. Внезапных выбросов породы и газа не зарегистрировано.

Выбросоопасность пород в различных геолого-промышленных районах Донбасса отсутствует на шахтах, разрабатывающих угольные пласты марок Д, Г (с $V^{daf} > 42\%$), ОС, Т, А, поэтому песчаники на этих шахтах являются невыбросоопасными, независимо от глубины ведения горных работ, а песчаники на шахтах, отрабатывающих угольные пласты марок Г (с $V^{daf} \leq 42\%$), К, Ж с глубины 600 м, являются потенциально выбросоопасными, и требуют проведение противовыбросных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забигайло В.Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В.Е. Забигайло, В.И. Николин. – Киев: Наукова думка, 1990. – 161 с.
2. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям: СОУ 10.1.00174088.011-2005. – Офиц. изд. – Киев,

2005. – 224 с.

3. Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород. Под ред. Иванова Г.А. – Москва: Недра, 1975. – 256 с.

4. Вередя В.С. Связь выбросоопасности песчаников с эпигенезом угленосных отложений / В.С. Вередя, Я.Ф. Канана, М.Л. Левенштейн // Уголь. – 1983. – № 2. – 55 с.

Получено: 15.04.25

Рекомендовал к опубликованию д-р техн. наук Канин В.А.

UDC 622.831

Y.N. BOYKO, head of laboratory,

R.M. BOGUDINOV, head of department,

A.N. TSOPA, research worker,

S.A. RIZNICHENKO, engineer,

A.A. CHERNIGOVTSYEV, engineer; GBU MAKNI, Makeyevka

**THE INFLUENCE OF THE DEPTH OF MINING OPERATIONS
AND METAMORPHISM OF COAL-BEARING STRATA OF DONBAS
ON MANIFESTATION OF SANDSTONES OUTBURST HAZARD**

This research paper presents the results of the research of the influence of depth of mining operations and metamorphism of coal-bearing strata on outburst hazard of sandstones. The limits of outburst hazard of sandstones have been adjusted on representative scale of coal metamorphism. The change of outburst hazard of sandstones with increase of the depth of mining operations and distribution of outbursts depending on the dip angle of the rocks has been demonstrated.

Keywords: metamorphism scale, coal-bearing strata, outburst hazard of sandstones, poriness, moisture content, natural gas content, depth of mining works, volatile yield.

УДК 622.673

А.И. ДЕМЕНКОВ, зав. лаб.,
О.Г. БОЛТУНОВ, зав. лаб.,
Н.И. МАЙБЕНКО, мл. науч. сотр.,
А.В. ТОЛСТОВА, техник; ГБУ «МАКНИИ», г. Макеевка

ОБ ИНЕРТИЗАЦИИ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ РАЗРУШЕНИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

Представлена зависимость количества газообразного азота для инертизации взрывоопасной метановоздушной среды в местах непосредственного разрушения угольного массива в забое очистной выработки от скорости подачи очистного комбайна, ширины захвата исполнительного органа, мощности угольного пласта, объема вынимаемой полости и производительности очистного комбайна.

Ключевые слова: метан, азот, инертизация, скорость комбайна, ширина исполнительного органа, мощность пласта, производительность комбайна, объем выработанного пространства.

Известно, что при выемке угля очистными комбайнами нередко существует опасность воспламенения метана, угольной пыли и, как следствие, взрыва пылеметановоздушной смеси (ПМВ). Взрывозащитное оборудование в полной мере не позволяет нейтрализовать и предупредить воспламенение метана и взрыв угольной пыли в процессе угледобычи [1,2,3]. Вопрос применения газообразного азота для инертизации ПМВ смеси является актуальным, а расчет необходимого количества инертного газа для подачи в места непосредственного разрушения угольного массива позволит обеспечить безопасное ведение горных работ.

Цель работы – определение зависимости количества азота, подаваемого для инертизации взрывоопасной метановоздушной среды в места непосредственного разрушения угольного массива, от скорости подачи очистного комбайна, ширины захвата исполнительного органа, мощности угольного пласта, производительности очистного комбайна и объема полости, образованной после выемки угля.

Метан в отработываемых угольных пластах содержится в порах, каналах и естественных трещинах, а также в отбитом угле, поступающем в выработку при разрушении угольного массива. Выделение метана происходит постоянно, независимо от того, вынимают уголь или нет. При этом в

забое очистной выработки его концентрация может достигать опасных значений, от 2% и более, что, при наличии источника фрикционного искрения, может спровоцировать взрыв или пожар, сопровождающиеся тяжелыми последствиями. Кроме того, недостатки взрывозащитного орошения, переход на более глубокие горизонты с меньшей влажностью угольных пластов, большим горным давлением, высокой температурой, повышенным выделением метана и угольной пыли увеличивают опасность воспламенения метана и угольной пыли от источника фрикционного искрения в местах работы исполнительных органов комбайнов.

Добычу угля в таких условиях необходимо осуществлять с использованием инертизации ПМВ среды, например, подачей газообразного азота, как одного из наиболее эффективного и экологически чистого, не загрязняющего атмосферу газа, в места непосредственного разрушения угольного массива [4].

Выемка угля очистным комбайном представляет собой процесс разрушения угольного массива с образованием полости, заполняемой шахтным воздухом. Объем полости зависит от мощности вынимаемого пласта m , ширины захвата исполнительного органа комбайна r и скорости подачи комбайна v . Так, за промежуток времени t , при котором происходит выемка угля, образуется полость объемом $V_{\text{пол}}$, заполняемая шахтным воздухом, состав которого примерно такой же, как и на поверхности, поскольку подается в шахту:

- азот – 78,08 %;
- кислород – 20,95%;
- аргон – 0,93%;
- углекислый газ – 0,03%;
- другие газы – 0,01%.

Кроме того, в шахтном воздухе присутствуют угольная пыль и метан, концентрация которых зависит от режима работы очистного комбайна: выемка угольного пласта, погрузка угля, временная остановка.

Для инертизации взрывоопасной метановоздушной среды в местах непосредственного разрушения угольного массива необходимо рассчитать количество подаваемого азота, зависящее от скорости подачи и производительности очистного комбайна, ширины захвата исполнительного органа, мощности вынимаемого пласта и объема образованной полости.

Скорость подачи очистного комбайна v , как правило, указывается в технической характеристике комбайна или может быть определена по формуле [5]:

$$v = 30 N \cdot \eta \cdot n_1 / S \cdot D \cdot n_2 \cdot K_o \cdot K_\Sigma \text{ м/мин}, \quad (1)$$

где N – мощность электродвигателя комбайна, кВт;

η – КПД редуктора привода подачи;

n_1 – количество резцов в одной линии резания;

n_2 – количество резцов, разрушающих уголь одновременно;

S – средневзвешенная сопротивляемость угля резанию, кН/м;

D – диаметр шнека, м;

K_o – коэффициент отжима, учитывающий уменьшение сил резанию вблизи забоя;

$K_\Sigma = K_a \cdot K_s \cdot K_p \cdot K_f$ – коэффициент, учитывающий угол резания, ширину реза, затупление и форму резцов.

Производительность очистного комбайна может быть рассчитана согласно приведенной формуле [5]:

$$A = \gamma \cdot m \cdot r \cdot v = 30 N \cdot \gamma \cdot m \cdot \eta \cdot n_1 / S \cdot D \cdot n_2 \cdot K_o \cdot K_\Sigma \text{ т/мин}, \quad (2)$$

где γ – плотность угля, т/м³;

m – мощность вынимаемого угольного пласта, м;

r – ширина захвата исполнительного органа очистного комбайна, м;

v – скорость подачи очистного комбайна, м/мин.

Расход воздуха $Q_{оч}$ для проветривания полости, образующейся в процессе выемки угля, определяется по формуле [6]:

$$Q_{оч} = \frac{(100 \cdot I_{оч} \cdot K_H)}{(C - C_0)}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (3)$$

где $I_{оч}$ – количество метана, выделяющегося при разрушении угольного массива исполнительным органом, м³/мин;

K_H – коэффициент неравномерности метановыделения, определяемый по формуле $K_H = 1,94 \cdot I_{оч}^{-0,14}$ [3],

C – концентрация метана в зоне работы исполнительного органа комбайна, %;

$C_0 = 0$ – концентрация метана в поступающей струе воздуха на входе в лаву.

Принимая во внимание дегазацию отбитого угля, количество метана

$I_{оч}$, выделяющегося при работе комбайна, может быть определено по формуле [7]:

$$I_{оч} = A_k \cdot Z \cdot q_{оч}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (4)$$

где $q_{оч}$ – метаноносность пласта в зоне выемки, $\text{м}^3/\text{т}$;

Z – степень дегазации отбитого угля, для каменных углей 0,07;

A – производительность очистного комбайна, $\text{т}/\text{мин}$.

Из (2) получим формулу для определения объема полости $V_{пол}$, образованной в единицу времени t , которую необходимо инерттизировать газообразным азотом:

$$V_{пол}(t) = m \cdot r \cdot v \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (5)$$

где m – мощность угольного пласта, м ;

r – ширина захвата исполнительного органа, м ;

v – скорость подачи очистного комбайна, $\text{м}/\text{мин}$.

При этом, газообразный азот концентрации 95,5% подают в полость от азотно-компрессорной станции мембранного типа.

Далее необходимо рассчитать количество азота, подаваемого в единицу времени $m_{N_2}(t)$ для инерттизации шахтной атмосферы в образовавшейся полости для уменьшения в ней до 10% объемной доли кислорода при условии, выделения метана более 1 %:

$$m_{N_2}(t) = V_{пол}(t) \cdot (\varphi_o^P - \varphi_{O_2}^3) / \varphi_{O_2}^3 \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (6)$$

где $V_{пол}(t)$ – объем полости, который подлежит инерттизации газообразным азотом в единицу времени работы очистного комбайна, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$\varphi_o^P = \varphi_{O_2}^B - \varphi_{CH_4}^P$ – расчетная объемная доля кислорода в образовавшейся полости после выемки угля очистным комбайном с учетом выделившегося метана, %;

$\varphi_{CH_4}^P$ – расчетная величина объемной доли метана, выделившегося в процессе разрушения угольного массива;

$\varphi_o^B = 21\%$ – объемная доля кислорода в шахтном воздухе;

$\varphi_{O_2}^3 = 10\%$ – объемная доля кислорода, подлежащая замещению азотом.

Рассмотрим пример расчета необходимого газообразного азота для инертизации шахтной среды в полости, образовавшейся после выемки угля при: $m = 1,5$ м; $r = 0,63$ м; $v = 2$ м/мин.

Определяем объем полости, подлежащей инертизации для нижнего и верхнего шнеков:

$$V_{\text{пол}}(t)_{\text{н.ш.}} = m \cdot r \cdot v = 0,75 \cdot 0,63 \cdot 2 = 0,945 \text{ м}^3/\text{мин},$$

$$V_{\text{пол}}(t)_{\text{в.ш.}} = m \cdot r \cdot v = 0,75 \cdot 0,63 \cdot 2 = 0,945 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Определяем производительность очистного комбайна при работе нижнего и верхнего шнеков:

$$A_{\text{н.ш.}} = \gamma \cdot m \cdot r \cdot v = 1,3 \cdot 0,75 \cdot 0,63 \cdot 2 = 1,228 \text{ т/мин},$$

$$A_{\text{в.ш.}} = \gamma \cdot m \cdot r \cdot v = 1,3 \cdot 0,75 \cdot 0,63 \cdot 2 = 1,228 \text{ т/мин}.$$

Определяем количество метана, выделяемого из разрушенного угольного пласта при работе нижнего и верхнего шнеков:

$$I_{\text{н.ш.}} = A_{\text{н.ш.}} \cdot Z \cdot q_{\text{оч.}} = 1,228 \cdot 0,07 \cdot 9,3 = 0,799 \text{ м}^3/\text{мин},$$

$$I_{\text{в.ш.}} = A_{\text{в.ш.}} \cdot Z \cdot q_{\text{оч.}} = 1,228 \cdot 0,07 \cdot 9,3 = 0,799 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Определяем количество поступающего воздуха в зону разрушения угольного пласта при работе нижнего и верхнего шнеков:

$$Q_{\text{н.ш.}} = S_{\text{п}} \cdot K_{\text{н.ш.}} \cdot V_{\text{max}} \cdot 60 = 0,4725 \cdot 0,2 \cdot 4 \cdot 60 = 22,68 \text{ м}^3/\text{мин},$$

$$Q_{\text{в.ш.}} = S_{\text{п}} \cdot K_{\text{в.ш.}} \cdot V_{\text{max}} \cdot 60 = 0,4725 \cdot 0,35 \cdot 4 \cdot 60 = 39,69 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где $K_{\text{н.ш.}}$ и $K_{\text{в.ш.}}$ – коэффициент, учитывающий отработку угольного пласта, нижним шнеком 0,2 и верхним шнеком 0,35 соответственно.

Определим концентрацию метана в области разрушения угольного пласта при работе нижним и верхним шнеками:

$$C_{\text{н.ш.}} = 100 \cdot I_{\text{н.ш.}} \cdot K_{\text{н}} / Q_{\text{н.ш.}} = 100 \cdot 0,799 \cdot 2 / 22,68 = 7,04\%,$$

$$C_{\text{в.ш.}} = 100 \cdot I_{\text{в.ш.}} \cdot K_{\text{н}} / Q_{\text{в.ш.}} = 100 \cdot 0,799 \cdot 2,3 / 39,69 = 4,63\%.$$

Так как концентрация метана 7,04% в районе работы нижнего шнека, то расчет необходимого количества подаваемого азота будем выполнять

согласно формуле (6):

$$m_{N_2}(t) = 0,945 \cdot (0,21 - 0,07 - 0,1) / 0,1 = 0,378 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Концентрация метана 4,63% в районе работы верхнего шнека, расчет количества подаваемого азота выполняем аналогично:

$$m_{N_2}(t) = 0,945 \cdot (0,21 - 0,046 - 0,1) / 0,1 = 0,699 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Суммарное количество подаваемого газообразного азота для инертизации пылеметановоздушной среды в места непосредственного разрушения угольного пласта верхним и нижним шнеками составляет:

$$\Sigma m_{N_2}(t) = 0,378 + 0,699 = 1,077 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Инертизация опасных зон газообразным азотом при выемке угля сделает процесс угледобычи безопасным, а работу очистных комбайнов производительной за счет увеличения угледобычи.

ВЫВОДЫ

Представленные формулы позволили рассчитать зависимость количества газообразного азота для инертизации взрывоопасной метановоздушной среды в местах непосредственного разрушения угольного массива в забое очистной выработки от скорости подачи очистного комбайна, ширины захвата исполнительного органа, мощности угольного пласта, объема полости, образованной после выемки угля, и производительности очистного комбайна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» - Серия 05 – Выпуск 40. – Москва: «Научный центр исследования проблем промышленной безопасности», 2014. – 200 с.
2. ГОСТ Р 57071-2016. Оборудование горно-шахтное. Нормативы безопасности применения машин и оборудования на угольных шахтах и разрезах по пылевому фактору: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2017-06-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2016. –

22с.

3. Нормативы по безопасности забойных машин, комплексов и агрегатов. – Макеевка, 1990. – 102 с.

4. Об инертизации метановоздушной среды угольных шахт / А.И. Деменков, О.Г. Болтунов, Н.И. Майбенко, А.В. Толстова // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. – 2025. – Вып. № 1 (68). – С. 14-19.

5. Ордин А.А. «Оптимизация ширины захвата очистного комбайна при подземной разработке пологих метаноопасных угольных пластов» / А.А. Ордин, А.М. Тимошин, Д.В. Ботвиненко // Российская академия наук ФТПРПИ. – 2019. – № 6. – С. 91-102.

6. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – Киев: Основа, 1994. – 312 с.

7. Бобров А.И. Борьба с местными скоплениями метана в угольных шахтах / А.И. Бобров. – Москва: Недра, 1988. – С. 91-102.

Получено: 10.04.25

Рекомендовал к опубликованию д-р техн. наук Медведев В.Н.

UDC 622.673

**A.I. DEMENKOV, head of laboratory,
O.G. BOLTUNOV, head of laboratory,
N.I. MAYBENKO, junior research worker,
A.V. TOLSTOVA, technician; GBU MAKNI, Makeyevka**

THE PROBLEM OF AIR FREEING OF AEROMETHANE MEDIUM IN THE AREA OF COAL SEAM DESTRUCTION

This research paper presents the dependence between the amount of gaseous nitrogen for air freeing of explosive aeromethane medium in areas of direct destruction of a unworked coal at a face of an excavation and the intake velocity of the shearer-loader, the operating width of the executor, the capacity of the coal seam, the dimensions of the mineable cavity and the efficiency of the shearer-loader.

Keywords: methane, nitrogen, air freeing, velocity of a combined machine, width of the executor, seam capacity, efficiency of the shearer-loader, dimensions of mined-out space.

УДК 622.831

М.Ф. РЫЖКОВ, зав. лаб.,
А.Д. БОНДАРЕНКО, ст. науч. сотр.,
А.А. ЧЕРНИГОВЦЕВА, ст. науч. сотр.,
Л.М. ЛЕВЧЕНКО, инж.; ГБУ «МАКНИИ», г. Макеевка

О ПРОЯВЛЕНИИ ВЫБРОСОВ ПОРОДЫ И ГАЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК НА ШАХТАХ ДОНБАССА

Выполнена систематизация сведений о выбросах породы и газа, произошедших при проведении вертикальных и наклонных горных выработок. Информационно-аналитическая программа регистрации выбросов породы и газа позволила установить взаимосвязь количества выбросов породы и их интенсивности от сечения проводимых выработок. Даны практические рекомендации по проведению указанных выработок для снижения частоты и интенсивности выбросов породы.

Ключевые слова: выброс породы и газа, информационно-аналитическая программа, глубина горных работ, сечение выработки.

При проведении горных выработок и разработке угольных пластов на больших глубинах зачастую происходят динамические явления (ДЯ), к которым относят горные удары, внезапные выбросы угля (породы) и газа, внезапные выдавливания угля, внезапное динамическое разрушение пород почвы. О выбросах угля известно давно. Так, при отработке угольного пласта на шахте "Исаак" бассейна Луары во Франции в 1834 году произошел первый внезапный выброс угля и газа. Начиная с середины 19-го века при ведении горных работ стали происходить внезапные выбросы угля и газа и на многих других шахтах зарубежья.

Первый внезапный выброс угля и газа в Донбассе произошел в 1906 г. на шахте "Новая Смолянка", на пласте "Смоляниновский" на глубине 711 м. Первые сведения о внезапных выбросах в России были систематизированы Н.Н. Черницыным и опубликованы в 1917 году.

Исследованием проблемы выбросов занимались многие ведущие зарубежные и отечественные ученые в области горной науки и были предложены гипотезы и теории, объясняющие природу и механизм возникновения данного вида ДЯ. Так, зарубежные авторы к причинам проявления внезапных выбросов угля и газа относили концентрацию напряжений вокруг

горных выработок (Morin M. и Jarlier M.), остаточные напряжения тектонического происхождения или препарацию угольных пластов в местах геологических нарушений (Laligant G., Weber H.). Однако мнения зарубежных ученых были противоречивы, а предложенные гипотезы не были подтверждены практикой борьбы с выбросами угля и газа.

Следует отметить, что изучению природы внезапных выбросов угля и газа посвятили свою деятельность и многие отечественные ученые. Так, проф. Быковым Л.Н. была предложена "газовая" теория возникновения выбросов [1], Ходотом В.В. – "энергетическая" теория [2], в которой основным влияющим фактором представлено повышенное напряженное состояние массива горных пород. Третья группа ученых (Печук И.М., Бобров И.В. и др.) основной причиной выбросов считали наличие в горном массиве участков повышенных тектонических напряжений.

Несмотря на достижения в изучении механизма проявления выбросов угля и газа и обоснование мер борьбы с ними, выбросам породы и газа уделялось гораздо меньше внимания, хотя они, по своим последствиям, представляют не меньшую опасность, чем выбросы угля и газа.

Первый выброс породы и газа – выброс песчаника в Донбассе, произошедший при проведении горизонтальной выработки и описанный в горнотехнической литературе, произошел в 1955 г. на шахте № 1-5 "Кочегарка" [3]. Выброс породы в вертикальной выработке впервые был описан в работе [4]. На тот период научного объяснения природы выбросов пород еще не было, а систематическое их изучение началось значительно позже.

На основании предложенной проф. Николиным В.И. новой гипотезы возникновения выбросов пород (песчаников), в МАКНИИ впервые были разработаны предложения по их предотвращению путем образования разгрузочных щелей и способы безопасного ведения горных работ [5-6].

Выброс породы и газа, как один из видов ДЯ, представляет собой сложный процесс самоподдерживающегося разрушения газонасыщенного массива. Он сопровождается отбросом породы (песчаника) в выработку и выделением значительного количества метана. Количество выброшенной породы в некоторых случаях достигало 4000 т. Зачастую в результате выброса уже пройденная выработка на 30-40 м заполнялась почти на полное сечение разрушенным песчаником. К последствиям выбросов породы и газа также следует отнести нарушение нормального режима проветривания выработок, т.е. их загазирование, повреждение крепи и горношахтного оборудования, не исключен и травматизм шахтеров.

Анализ действующей нормативной базы по борьбе с ДЯ [7-8] показал отсутствие на сегодняшний день способов снижения частоты и интенсивности выбросов породы и газа при проведении вертикальных и наклонных

выработок по выбросоопасным песчаникам. Поэтому актуальным является анализ условий проявления выбросов породы и газа в вертикальных и наклонных выработках для совершенствования мер, предотвращающих выбросы породы и газа при проведении указанных выработок.

Цель работы – систематизация и анализ сведений о выбросах породы и газа, произошедших в вертикальных и наклонных выработках, на основе данных информационно-аналитической программы регистрации выбросов породы и газа.

В ГБУ «МАКНИИ» при выполнении научно-исследовательской работы разработана программа для ЭВМ «Информационно-аналитическая программа регистрации выбросов породы и газа на шахтах Донбасса», которая содержит данные о 3966 выбросах породы и газа при проведении горных выработок различного типа, произошедших на 27 шахтах Донбасса за период 1962-2020 гг.

Обобщенные сведения о выбросах породы и газа, произошедших в вертикальных и наклонных выработках шахт Донбасса, представлены в таблице.

Таблица

Сведения о выбросах породы и газа при проведении
вертикальных и наклонных выработок в шахтах Донбасса

Наименование шахты	Количество выбросов породы и газа	Пределы изменения		
		сечения выработок в проходке, м ²	глубины выбросов, м	интенсивности выбросов, т
№ 17-17бис	1	-	-	1000
«Ново-Центральная» (им. Горького)	5	-	-	0-800
Им. А.А. Скочинского	25	15,9-67,2	904-1198	35-2327
«Октябрьская» (Донецкуголь)	7	-	985-995	210-856
Им. А.Г. Стаханова (Красноармейскуголь)	3	38,5-49,0	-	993-2273
«Бутовка-Донецкая»	1	-	1206	200
Им. К.И. Поченкова (Макеевуголь)	1	50,2	-	845
Им. А.Ф. Засядько	5	28,3-50,2	854-1290	125-4070
Итого	48	15,9-67,2	854-1290	35-4070

Примечание. Прочерком в графах таблицы отмечено отсутствие данных

Анализ данных таблицы показывает, что 48 выбросов породы и газа при проведении вертикальных и наклонных выработок произошли на 8 шахтах Донбасса в период 1956–2005 гг., при этом интенсивность выбросов изменялась в диапазоне 35–4070 т породы, составляя в среднем 831 т, а сечение проводимых выработок в проходке – от 15,9 м² до 67,2 м², в среднем составляя 45,7 м². Широкий диапазон изменения глубины произошедших выбросов породы (854–1290 м) и их интенсивности свидетельствует о различии горно-геологических условий, свойств и состояния отдельных песчаников на шахтах.

Представляет научный интерес взаимосвязь количества выбросов породы и газа, произошедших при проведении рассматриваемых выработок, их интенсивности от одного из основных горнотехнических факторов – сечения проводимых выработок в проходке.

Стоит отметить, что разработанная информационно-аналитическая программа помимо систематизации выбросов породы и газа, позволяет выполнять статистический анализ распределения выбросов в зависимости от основных горно-геологических и горнотехнических условий.

Так, на рис. 1 в качестве примера приведено полученное с помощью данной программы распределение количества выбросов породы и газа в подготовительных выработках по сечению их в проходке, а на рис. 2 представлен график зависимости интенсивности выбросов породы и газа, произошедших в вертикальных и наклонных выработках, от сечения выработок в проходке (по средним значениям). Установление взаимосвязи между данными параметрами позволит наметить пути совершенствования технологии проведения вертикальных и наклонных выработок и мер предотвращения выбросов породы и газа при их проходке по выбросоопасным породам.

Анализ данных рисунков показывает, что большинство выбросов породы и газа (порядка 87 %) произошло при сечении проводимых выработок в проходке от 5,1 м² до 20,0 м². Уровень проявления выбросов породы при сечении выработок до 5 м² незначителен и составил 0,7 %.

С другой стороны, согласно рис. 2, с увеличением сечения проводимых вертикальных и наклонных выработок в проходке отмечается тенденция к росту интенсивности выбросов породы и газа, что удовлетворительно описывается уравнением сглаживающей кривой (линией тренда) в виде квадратичной параболы.

Полученные результаты позволяют обоснованно подходить к совершенствованию технологии проведения вертикальных и наклонных выработок по выбросоопасным породам (песчаникам), снижающей опасность проявления их выбросов. В частности, проведение данного типа выработок

рекомендуется осуществлять с опережающим забоем уменьшенного сечения (до 5 м²) с последующим их расширением до проектных размеров.

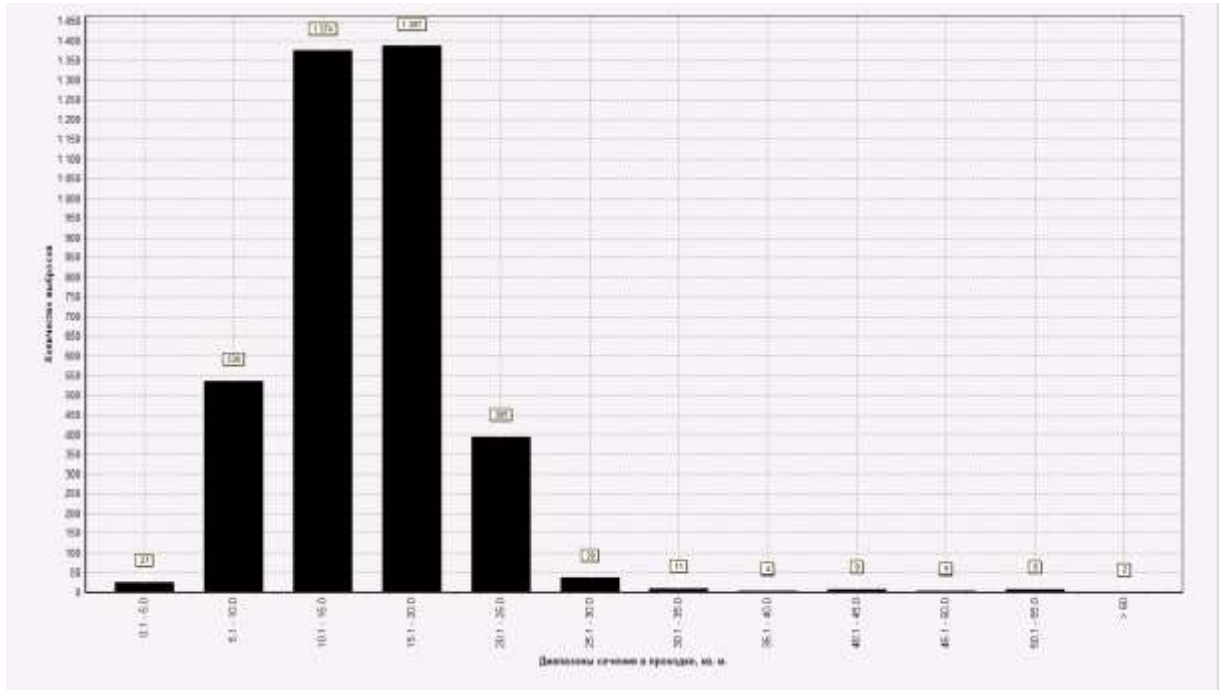


Рис. 1. Распределение количества выбросов породы и газа по сечению выработок (в проходке)

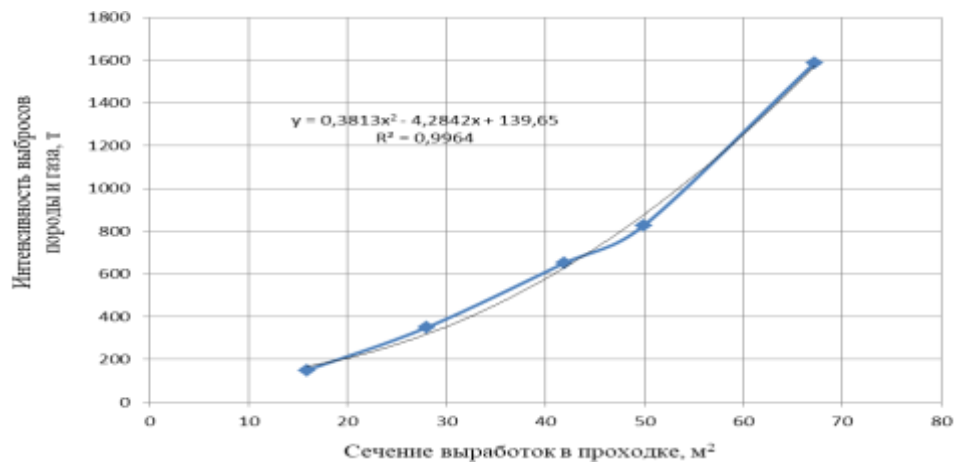


Рис. 2. График зависимости интенсивности выбросов породы и газа в вертикальных и наклонных выработках от сечения их в проходке

Для снижения интенсивности возможных выбросов породы и газа при проведении вертикальных и наклонных выработок следует предусматривать возможность создания заградительных канатных перемычек в соответствии с требованиями [9-10].

ВЫВОДЫ

На основе данных горнотехнической литературы и разработанной информационно-аналитической программы регистрации выбросов породы и газа систематизированы сведения о выбросах породы и газа (выбросах песчаников), произошедших при проведении вертикальных и наклонных выработок. Информационно-аналитическая программа выполняет статистический анализ горно-геологических и горнотехнических условий проявления выбросов породы и газа и устанавливает зависимость количества выбросов породы, их интенсивность от сечения выработок в проходке.

Полученные результаты позволили обосновать практические рекомендации в части технологии проведения вертикальных и наклонных выработок и мер борьбы с выбросами породы, которые будут способствовать безопасности ведения горных работ по выбросоопасным песчаникам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков Л.Н. Теория и практика борьбы с внезапными выбросами в шахтах / Л.Н. Быков. – Тула, 1970. – 24 с.
2. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля, породы и газа / В.В. Ходот. – Москва: Госгортехиздат, 1961. – 363 с.
3. Шатилов В.А. Внезапный выброс породы / В.А. Шатилов // Уголь Украины. – 1957. – № 7. – С. 29-31.
4. Бобров И.В. Внезапные выбросы породы и газа при проходке вертикальных стволов в Донбассе / И.В. Бобров, В.А. Шатилов // Безопасность труда в промышленности. – 1957. – № 8.
5. Временное руководство по борьбе с выбросами породы и газа при проведении выработок. – Макеевка-Донбасс, 1968. – 22 с.
6. Инструкцию по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа. – Москва: ИГД им. Скочинского, 1989. – 192 с.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений». Утверждены Приказом Ростехнадзора от 10.12.2020 № 515. – 96 с.

8. Руководство по безопасности «Рекомендации по безопасному ведению горных работ на склонных к динамическим явлениям угольных пластах». Утверждено Приказом Ростехнадзора от 07.12.2023 № 441. – 137 с.

9. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям: СОУ 10.1.00174088.011-2005. – Офиц. изд. – Киев, 2005. – 202 с.

10. Кудинов Ю.В., Малеев Н.В., Демченко О.А., Безбородов В.А., Мхатвари Т.Я. Прогноз и предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах. – Донецк, 2018. – 404 с.

Получено: 15.05.25

Рекомендовал к публикации д-р техн. наук Канин В.А.

UDC 622.831

M.F. RYZHKOV, head of laboratory,

A.D. BONDARENKO, senior research worker,

A.A. CHERNIGOVTSOVA, senior research worker,

L.M. LEVCHENKO, engineer; GBU MAKNI, Makeyevka

MANIFESTATION OF ROCK AND GAS OUTBURSTS DURING DEVELOPMENT OF VERTICAL AND INCLINED WORKINGS IN DONBAS MINES

The systematizing has been carried out of data on rock and gas outbursts occurred during the development of vertical and inclined workings. The information analysis software for recordation of rock and gas outbursts has made is possible to make a connection between the number of rock outbursts and their intensity and the cross-action of the workings being developed. The practical considerations are presented for development of the above mentioned workings for reduction of frequency and intensity of rock outbursts.

Keywords: rock and gas outburst, information analysis software, mining depth, cross-section of a working.

УДК 622.673.2

Н.Н. СТРОЕВ, зав. лаб.,
М.В. КРИВОНОЖЕНКОВ, ст. науч. сотр.; ГБУ «МАКНИИ»,
г. Макеевка

О ВОЗДЕЙСТВИИ ОБЩЕШАХТНОЙ ДЕПРЕССИИ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОПРОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Выполнен анализ методик расчетов на прочность металлических копровых сооружений. Определен характер воздействия общешахтной депрессии на конструкции копрового сооружения.

Ключевые слова: нагрузка, металлический копер, депрессия, техническое состояние, расчет на прочность.

В ходе анализа представленных в открытом доступе методик расчетов металлических копровых сооружений установлено, что конструкция металлического копрового сооружения в процессе эксплуатации подвергается следующим нагрузкам:

- воздействие работающей подъемной установки, передающееся на копер через подшипники копровых шкивов. На копровый шкив действует усилия двух ветвей подъемного каната: наклонной, идущей от барабана подъемной машины, и вертикальной, спускающейся в ствол шахты;
- экстренные, имеющие чрезвычайный, аварийный характер, возникающие вследствие неисправности подъемного оборудования. При расчете копровых сооружений за экстренную нагрузку принимают нагрузку, равную семи – девятикратной рабочей нагрузке, разрывающую головной канат;
- при посадке клетки на подкулачные балки. Данная нагрузка действует только на отдельные элементы станка копра и подкулачной рамы;
- при торможении клетки (срабатывание тормозных парашютов);
- вес копра. На стадии проектирования, предварительное определение собственного веса конструкций копра может быть произведено по эмпирическим формулам, выработанным практикой проектирования. Для копровых сооружений, введенных в эксплуатацию, данные собственного веса принимаются из проектной документации. Постоянно действующая нагрузка на копер складывается из собственного веса следующих элементов: копра, направляющих шкивов, тормозных канатов и усилия их натяжения;
- ветровые. Действие ветра вызывает в элементах копра довольно

значительные усилия и создает опрокидывающий момент в поперечном направлении, что необходимо учитывать, так как копер представляет собой высокое сооружение;

– воздействие температуры. Длина укосины с учетом ее наклонного положения в пространстве и рельефа местности может составлять 1,5 высоты копра. Для металлических копровых сооружений выше 60 метров, при расчете их прочности необходимо учитывать температурное влияние [1-3].

Несмотря на то, что в рассмотренных методиках расчета копровых сооружений не учитывается воздействие общешахтной депрессии, ее влияние на конструкцию копровых сооружений неоднократно было выявлено в ходе технических и экспертных обследований металлических копров [4-7].

Анализ проведенных обследований металлических копровых сооружений установил негативное влияние общешахтной депрессии (таблица) на конструкцию металлических копровых сооружений. Под воздействием разреженной среды обшивка втягивается вовнутрь, деформируя, в свою очередь, горизонтальные и диагональные связи станка. В результате этого разрушаются сварные швы соединительных элементов. Очевидно, что воздействие общешахтной депрессии негативно влияет на несущую способность копрового сооружения и сокращает срок его безаварийной эксплуатации. Поэтому, при расчете на прочность конструкции металлического копра необходимо учитывать воздействие общешахтной депрессии, что повышает объективность оценки технического состояния и обеспечивает его безопасную эксплуатацию.

Чтобы учесть влияние общешахтной депрессии на металлический копер, необходимо определить характер ее воздействия. Для поддержания общешахтной депрессии на должном уровне, копровые сооружения, выше устья ствола, герметизируют металлической обшивкой.

Герметичная обшивка станка копра выполнена из металлических листов, соединенных сплошным электросварочным швом.

Для компенсации линейного расширения металла при воздействии температуры, листы могут иметь выпуклую поверхность. При этом стыковка обшивки осуществляется на фахверковых элементах.

Узловые нагрузки определяются величиной площади обшивки, соответствующей каждому узлу. Например, для узла 2 (рисунок, б) площадь обшивки равна:

$$F_{mnrt} = (a1 + a2)/2 \cdot b/2 = (a1 + a2) \cdot b / 4,$$

где F_{mnrt} – площадь обшивки, на которую воздействует распределенная нагрузка вследствие депрессии, м²;

$a1, a2$ – высота ветровых связей ярусов станка копра, м;

b – ширина станка копра, м.

Таблица

Характерные повреждения металлических копров вследствие
воздействия общешахтной депрессии

Объект исследования	Описание повреждения	Иллюстрация повреждения
Металлический копер вентиляционного ствола шахты имени Е.Т. Абакумова ГУП ДНР «ДУ-ЭК» [4]	Деформированы листы обшивки. В местах деформации обшивки выявлены деформированные горизонтальные связи станка и разрушение сварных швов соединительных планок и фасонок.	
Металлический копер южного вентиляционного ствола ОП шахта «Горская» ГП «Первомайскуголь» [5]	Деформированы листы обшивки. В местах деформации обшивки выявлены разрушения сварных швов соединительных планок и фасонок.	
Копер вентиляционного ствола блока № 2 ОП «Шахта имени А.Г. Стаханова» ГП «Красноармейскуголь» [6]	Деформированы листы обшивки. В местах деформации обшивки выявлены деформированные горизонтальные связи станка. Сквозная коррозия листов обшивки.	

Металлический копер главного ствола ОП «Шахта «Пионер» ГП «Добропольеуголь» [7]	Деформированы листы обшивки. В местах деформации обшивки выявлены разрушения сварных швов соединительных планок и фасонек.	
--	---	--

Узловая нагрузка определяется путем умножения площади обшивки на интенсивность нагрузки вследствие общешахтной депрессии.

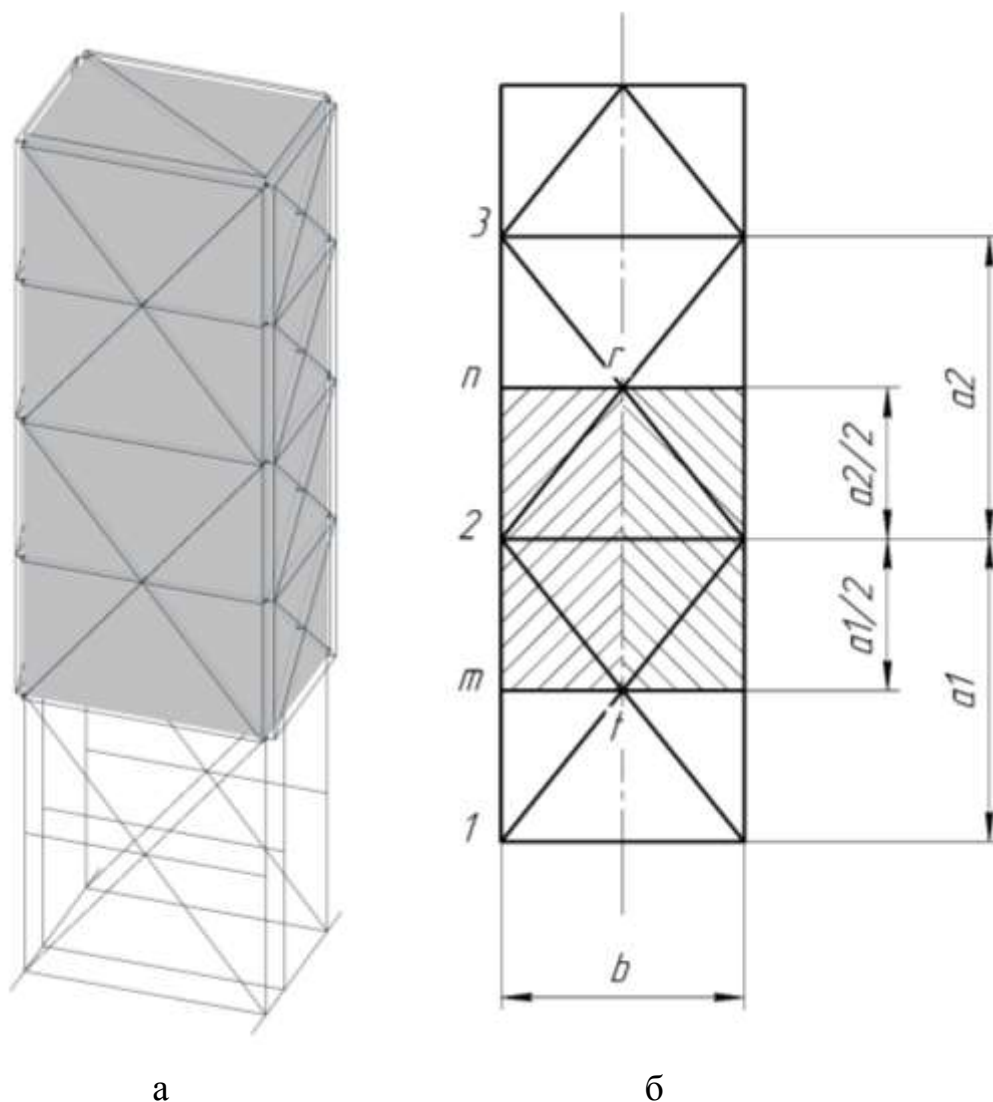


Рисунок – Схема приложения нагрузки вследствие воздействия общешахтной депрессии:

- а – схема воздействия общешахтной депрессии на конструкцию станка;
б – влияние распределенной нагрузки на узел 2 станка

ВЫВОДЫ

Общешахтная депрессия негативно влияет на устойчивость копрового сооружения и сокращает срок его безаварийной эксплуатации.

Анализ методик расчетов металлических копровых сооружений показал, что для объективной оценки технического состояния металлических копровых сооружений необходимо учитывать нагрузку вследствие воздействия общешахтной депрессии. Результаты анализа будут использоваться при исследовании негативного воздействия разреженной воздушной среды и ее колебаний на устойчивость и надежность металлических копровых сооружений с истекшим сроком эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бровман Я.В. Надшахтные копры / Я.В. Бровман. – Москва: Госгортехиздат, 1961. – 239 с.
2. Розенблит Г.Л. Стальные конструкции зданий и сооружений угольной промышленности / Г.Л. Розенблит. – Москва: Углетехиздат, 1953. – 273 с.
3. Кущенко В.Н. Совершенствование методики расчета укосных шахтных копров на действие особых нагрузок от внезапной остановки поднимающегося сосуда / В.Н. Кущенко // Металлические конструкции. – 2007. – Т.8. – №1. – С. 53-65.
4. Экспертный отчет о техническом состоянии и возможности дальнейшей эксплуатации копра металлического вентиляционного ствола ОП «Шахта им. Е.Т.Абакумова» ГП «ДУЭК», № 035-620-11ИГМ. – Донецк: НИИГМ им. М.М. Федорова. – 2011. – 37 с.
5. Экспертный отчет о техническом состоянии и возможности дальнейшей эксплуатации металлического копра южного вентиляционного ствола ОП «Шахта «Горская» ГП «Первомайскуголь», №035-986-17ИГМ. – Донецк: НИИГМ им. М.М. Федорова. – 2017. – 42 с.
6. Экспертный отчет о техническом состоянии и возможности дальнейшей эксплуатации копра вентиляционного ствола блока №2 ОП «Шахта им. А.Г.Стаханова» ГП «Красноармейскуголь», № 035-829-14ИГМ. – Донецк: НИИГМ им. М.М. Федорова. – 2014. – 35 с.
7. Экспертный отчет о техническом состоянии и возможности дальнейшей эксплуатации металлического копра главного ствола шахты «Пио-

нер» ГП «Добропольеуголь», №035-970-17ИГМ. – Донецк: НИИГМ им. М.М. Федорова. – 2017. – 50 с.

Получено: 06.05.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Лобода В.В.

UDC 622.673.2

**N.N. STROEV, head of laboratory,
M.V. KRIVONozHENKOV, senior research worker; GBU MAKNI, Makeyevka**

THE IMPACT OF MINE DEPRESSION ON METAL HEADFRAME INSTALLATIONS

The analysis has been carried out of stress calculation methods for metal headframe structures. The nature of the impact of mine depression on the constructions of a headframe installation has been determined.

Keywords: load, metal headframe, depression, engineering status, stress calculation.

II. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 622.412:622.817

**В.Н. МЕДВЕДЕВ, д-р техн. наук, зав. отд.,
Е.В. БЕЛЯЕВА, ведущий науч. сотр.; ГБУ «МАКНИИ»,
Б.И. ОСТАШКО, магистрант, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»,
г. Макеевка**

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗОВЫХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В ШАХТНОЙ МЕТАНОМЕТРИИ

Проведен анализ материалов, обосновывающих целесообразность совершенствования аэрогазового мониторинга горных выработок угольных шахт путем использования прогнозирования метановой опасности рудничной атмосферы. Предложена схема классификации широко применяемых на практике математических методов прогнозирования случайных процессов (временных рядов). Раскрыты особенности и потенциальные возможности этих методов в плане дальнейшего совершенствования шахтной метанометрии.

Ключевые слова: угольная шахта, метан, аэрогазовый мониторинг, прогнозирование, случайные процессы, временные ряды, безопасность.

Для повышения безопасности работ в угольных шахтах по газовому фактору требуется постоянное совершенствование аэрогазового мониторинга горных выработок. Ведущая роль здесь принадлежит действиям, направленным на получение сведений о наиболее опасном компоненте рудничной атмосферы – метане, наличие которого угрожает появлением взрывов, пожаров и снижением содержания кислорода, приводящем к удушью горнорабочих [1].

Анализ литературных источников, патентных материалов и электронных ресурсов показывает, что для эффективного мониторинга метановой опасности требуются принципиально новые подходы, способные видоизменить или дополнить его инновационными технологиями. Так, в ряде работ, включая [2, 3], предложено применить прогнозирование, позволяющее предсказать появление неблагоприятной газовой обстановки, что крайне важно для угольных шахт ДНР, особенно опасных по внезапным

выбросам угля и газа.

Прогнозирование широко используется в различных сферах жизнедеятельности, но в шахтной метанометрии оно пока не нашло должного применения. Связано это, в первую очередь, с отсутствием научного обоснования перспективы использования базовых методов прогнозирования случайных процессов для предсказания метановой опасности атмосферы горных выработок угольных шахт. Актуальность данной работы заключается в разработке метода, позволяющего в автоматическом режиме осуществлять прогноз появления в шахтной атмосфере опасных по метану газовых ситуаций.

Цель статьи – информирование специалистов, разрабатывающих газоанализаторы для угольной промышленности и эксплуатирующих их в шахтах, о возможности применения методов математического прогнозирования для предсказания метановой опасности.

Под прогнозированием в шахтной метанометрии подразумевается автоматическое формирование численных значений концентрации метана в результате протекания случайных процессов изменения или их временных рядов на определенные моменты в будущем.

Получение прогнозных значений техническими средствами газового мониторинга является достаточно сложной задачей. При ее решении необходимо на начальном этапе выбрать из совокупности известных математических методов прогнозирования адекватные базовые методы, которые могут способствовать принятию упреждающих действий для предотвращения аварий, связанных с присутствием метана в атмосфере горных выработок.

Согласно [4], среди известных математических методов прогнозирования можно выделить статистические и адаптивные методы как наиболее подходящие для временных рядов, к которым можно отнести и процесс изменения концентрации метана в рудничной атмосфере. Статистические методы основываются на использовании гипотез о тенденциях исследуемого процесса с упором на его физическую и логическую сущности, а адаптивные – на способности непрерывно учитывать эволюцию динамических характеристик этого процесса. Однако, следует отметить, что такое разделение методов весьма условное. В известном смысле упомянутые методы учитывают информацию, полученную с момента последнего прогноза, и дополняют друг друга.

В ходе проведенных исследований были выявлены наиболее перспективные методы для определения прогнозных значений квазистационарных и нестационарных процессов изменения концентрации метана, протекающих в угольных шахтах ДНР [5]. Эти методы классифицированы в соответствии со схемой, представленной на рисунке.

В составе статистических методов наиболее распространенным является метод непосредственной экстраполяции [6]. Суть его состоит в том, что на основе анализа статистических данных, характеризующих объект прогнозирования за предшествующий период, устанавливают закономерности и соответственно тенденции изменения этих данных. Затем определяют значения прогнозируемых величин за пределами имеющихся значений временных рядов. Применение метода экстраполяции возможно тогда, когда установлена зависимость концентрации метана во временных рядах, а также определена область значений, на которую распространяется экстраполяция. Данный метод дает хорошие результаты, если правильно определена форма кривой, отражающей установленную закономерность изменения используемых исходных данных.



Рисунок – Схема классификации математических методов прогнозирования значений случайных процессов, которые могут быть использованы в шахтной метанометрии

Другим весьма эффективным и надежным статистическим методом прогнозирования является метод экспоненциального сглаживания [7]. Основные достоинства метода состоят в возможности учета весов исходной информации, в простоте вычислительных операций и гибкости описания динамики процессов. Метод экспоненциального сглаживания дает возможность получить оценку параметров тренда, характеризующих не средний уровень процесса, а тенденцию, сложившуюся к моменту последнего наблюдения. Для этого метода основным и наиболее трудным действием является выбор параметра сглаживания, начальных условий и степени прогнозирующего полинома.

В методе вероятностного моделирования [8] прогнозирование частично базируется на экспоненциальном сглаживании. Вероятностные модели по своей сути отличны от экстраполяционных моделей временных рядов, в которых основой является описание изменения процесса во времени. Во временных рядах модели представляют собой некоторую функцию времени с коэффициентами, значения которых оцениваются по наблюдениям. В вероятностных моделях оцениваются вероятности, а не коэффициенты. При достаточном количестве исходной информации вероятностная модель может дать вполне надежный прогноз. Недостатками этой модели является требование большого количества наблюдений и знание начального распределения.

Прогнозирование с помощью корреляционных функций [4] состоит в нахождении математических формул, отражающих статистическую связь одного показателя с другим (парная корреляция) либо с группой других (множественная корреляция). Корреляционные методы дают возможность на основе анализа поведения исследуемых параметров в прошлом, представленных в форме временных рядов, получать формулы и затем рассчитывать наиболее вероятные значения одних показателей (функций) в зависимости от других показателей, принятых за факторы (аргументы).

В настоящее время в прогнозировании применяется также факторный анализ и его модификации [9]. Наряду с процедурой прогнозирования, использующей непосредственную экстраполяцию главных факторов с последующим их разложением на совокупность прогнозных значений исходных переменных, факторный анализ может использоваться в сочетании с моделями регрессивного анализа. В этом случае строят регрессию некоторого выходного показателя исследуемого процесса, но не на совокупности входных показателей, как обычно, а на главных компонентах, полученных путем факторного анализа.

Преимущества регрессивных моделей, построенных на главных компонентах факторной структуры, сводятся к тому, что размерность модели

существенно меньше, чем регрессии на исходных переменных и отбор наиболее существенных компонентов проводится по четкому количественному критерию.

Для прогнозирования широко используются методы, основанные на теории распознавания образов [10].

Обычно при прогнозировании временных рядов предполагается однородность динамики. Действительно, исходный временной ряд, являющийся объектом прогнозирования какого-либо процесса, может содержать в себе интервалы, внутри которых динамика характеризуется определенными отличительными от других интервалов условиями. Естественно, эти интервалы в перспективе искажают получаемый прогнозный результат. В этой связи возникает необходимость четкого выделения тех интервалов, для которых характерна однородная динамика. Решение этого вопроса эффективно реализуется с помощью методов распознавания образов. Другим важным приложением этой теории является описание и прогнозирование поведения какого-либо объекта по набору признаков, определяющих динамику данного объекта.

Для целого ряда важных практических приложений используется метод прогнозирования на основе теории цепей Маркова [8]. Этот метод подходит для прогноза множества показателей, когда функциональные связи между ними не установлены ввиду отсутствия информации или крайней сложности этих связей. В основе прогноза, построенного с использованием цепей Маркова, лежит вычисление матрицы переходов, элементами которой являются вероятности прогнозируемых показаний, переходящих из одного состояния в другое. Реализация таких прогнозов позволяет по мере поступления новой информации регулярно корректировать ошибки, что существенно повышает надежность получаемых результатов.

Прогноз может быть выполнен с использованием нейросети [10]. В основе нейросети лежит понятие «искусственного нейрона», который позволяет реализовывать на практике нелинейные преобразования. Из искусственных нейронов строится сеть, имеющая определенную архитектуру, которая включает несколько десятков, а иногда сотен или тысяч нейронов.

Основные достоинства нейросетей – адаптируемость (мягкая переобучаемость при больших потоках входных данных), а также возможность потенциального распараллеливания вычислений. Нейросети будут предпочтительны там, где имеется очень много входных данных, в которых скрыты закономерности. В этом случае почти автоматически можно учесть различные нелинейные взаимодействия между показателями – признаками, характеризующими такие данные.

К недостаткам нейросети относится «непрозрачность» процесса их

работы. Кроме того, правильно построенная нейросеть может адекватно оценивать сходные ситуации, но обычно плохо проводит анализ принципиально новых ситуаций, не представленных ранее примерами в материале обучения.

В плане прогнозирования случайных процессов представляет интерес ряд Тейлора, который можно интерпретировать в следующем виде [11]:

$$x(t + \tau) = x(t) + x'(t)\tau + \frac{x''(t)}{2!}\tau^2 + \dots \quad (1)$$

Измерив в момент времени t значение $x(t)$ и определив производные $x'(t)$ и $x''(t)$, ..., можно вычислить значение величины x в будущий момент времени $(t + \tau)$.

Говоря о прогнозировании по формуле (1) следует отметить, что определение производных должно осуществляться с учетом предшествующей информации, поскольку

$$x'(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t) - x(t - \Delta t)}{\Delta t}. \quad (2)$$

Вследствие операции (2) появляются разностные схемы экстраполирования результатов измерений $x(t)$ на конечном отрезке времени. Тогда в формуле (1) взамен производных будут фигурировать конечные разности, а сама процедура дифференцирования приобретает дискретный во времени характер. Это полностью совпадает с принципом формирования временных рядов и делает такой подход к решению вопросов прогнозирования вполне логичным.

Для решения задач прогнозирования применяют самоорганизующее моделирование на базе метода группового учета аргументов (ГУА) [12].

Метод ГУА позволяет избежать многих трудностей, связанных как с объемом вычислений, так и с ограниченностью экспериментальных данных. Основная особенность этого метода состоит в том, что прогностические уравнения решаются относительно более простых полиномов с небольшим количеством членов, учитывающих только некоторые признаки (группы аргументов).

Самоорганизацию прогнозирующих моделей можно считать успешно завершенной, если при прогнозе стационарного или квазистационарного случайного процесса достигнуто время упреждения не меньше времени

его корреляции. Для нестационарных процессов необходимо выделение тренда. Время прогноза по тренду ограничено только точностью прогноза.

Обобщая представленные материалы можно констатировать следующее.

Все рассмотренные методы могут найти применение при прогнозировании значений квазистационарных процессов изменения концентрации метана, протекающих в рудничной атмосфере. Связано это с относительно «медленными» изменениями указанных процессов, когда имеется значительный запас времени для обработки поступающей информации. При интенсивных метановыделениях, формирующих нестационарные процессы, возникает потребность в оперативном прогнозе, который могут обеспечить методы, основанные на теории распознавания образов, нейросетях, ряде Тейлора и, возможно, на групповом учете аргументов.

Отсутствие утвердительного заключения при использовании метода ГУА для оперативного прогнозирования метановой опасности обусловлено тем, что этот метод может охватывать не только газовый мониторинг, но и использовать другие сведения о формирующейся аварийной обстановке в горных выработках. Например, информацию об акустической активности разрабатываемого пласта. В этом случае можно говорить о комплексном подходе к обеспечению безопасности горнорабочих. Без группового учета информационных признаков (аргументов) данный метод пригоден лишь для прогноза значений квазистационарных процессов.

Рассматривая перспективу использования анализируемых методов в шахтной метанометрии следует детально оценить роль длительности предыстории в получении прогнозных значений, т.к. именно она во многом определяет область применения того или иного метода. Несомненно, наиболее длительная предыстория требуется для методов, основанных на вероятностном моделировании, корреляционной функции, факторном анализе и цепях Маркова. Промежуточное положение занимают методы, опирающиеся на непосредственную экстраполяцию, экспоненциальное сглаживание, нейросети и ГУА. Минимальная длительность предыстории требуется для прогнозирования, использующего распознавания образов или ряд Тейлора. Следовательно, с учетом данного показателя можно утверждать, что именно два этих метода способны обеспечить оперативный прогноз газовой обстановки в горных выработках при интенсивных процессах изменения концентрации метана.

ВЫВОДЫ

Повышение эффективности шахтной метанометрии может быть до-

стигнуто путем применения математических методов прогнозирования значений параметров случайных процессов (временных рядов). Среди них наиболее перспективными являются методы, основанные на непосредственной экстраполяции, экспоненциальном сглаживании, теории распознавания образов, нейросетях, ряде Тейлора и групповом учете аргументов. Для оперативного прогнозирования метановой опасности рудничной атмосферы при нестационарных процессах газовыделения следует ориентироваться на методы, использующие теорию распознавания образов или ряд Тейлора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах: в 3 т. / [А.М. Брюханов, В.И. Бережинский, В.П. Колосюк и др.]; под ред. А.М. Брюханова. Т. I. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 548 с.
2. Каледина Н.О. Совершенствование функциональной структуры системы мониторинга метана в угольных шахтах / Н.О. Каледина, И.Е. Аржанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 12. – С. 128-140.
3. Чабан Я.В. Обоснование возможности оперативного прогноза метановой опасности рудничной атмосферы / Я.В. Чабан, В.Н. Медведев, Е.В. Беляева // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве : сборник материалов Третьей Международной научной конференции, 13 февраля 2025 г. – Макеевка: ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2025. – С. 94-97. – Текст : непосредственный.
4. Проектирование регуляторов для стохастических систем и объектов с неопределенными параметрами / В.А. Григорьев, С.В. Быстров, В.И. Бойков [и др.] – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2013. – 172 с.
5. Провести исследования и разработать метод автоматического прогноза появления опасных по метану газовых ситуаций в атмосфере горных выработок угольных шахт ДНР : отчет о НИР (промежуточный) / ГУ Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности. – Инв. № 4950. – Макеевка, 2024. – 89 с.
6. Гридина Е.Г. Прогнозирование стационарных случайных процессов методом полиномиальной экстраполяции / Е.Г. Гридина // Метрология. – 1994. – № 12. – С. 14-25.
7. Саженкова Т.В. Методы анализа временных рядов : учеб.-метод. пособие / Т.В. Саженкова, И.В. Пономарев, С.П. Пронь. – Барнаул : Изд-во Алтайского университета. – 2020. – 60 с.

8. Сухарев М.Г. Методы прогнозирования : учеб. пособие / М.Г. Сухарев. – Москва : РГУ нефти и газа. – 2009. – 208 с.
9. Фомина Е.Е. Факторный анализ и категориальный метод главных компонент: сравнительный анализ и практическое применение для обработки результатов анкетирования / Е.Е Фомина // Гуманитарный вестник. – 2017. – № 10. – С. 1-16.
10. Тихонов Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учеб. пособие / Э.Е. Тихонов. – Невинномысск : Сев-Кавказский ГТУ. – 2006. – 221 с.
11. Левидов В.А. Измерение скоростей (Измерительное дифференцирование) / В.А. Левидов, О.Н. Тихонов, Г.П. Цивирко. – Москва : Изд-во стандартов. – 1972. – 258 с.
12. Муравина О.М. Метод группового учета аргументов при анализе геофизических данных / О.М. Муравина // Геофизика. – 2012. – № 6. – С. 16-20.

Получено: 05.05.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Диденко В.В.

UDC 622.412:622.817

**V.N. MEDVEDEV, Dr. Eng., head of department,
E.V. BELYAEVA, leading research worker; GBU MAKNI,
B.I. OSTASHKO, master's student, FGBOU VO DONNASA;
Makeyevka**

ESTIMATION OF THE PROSPECT OF THE USE OF BASIC FORECASTING TECHNIQUES OF RANDOM PROCESSES IN MINE METHANOMETRY

The analysis has been carried out of proceedings which prove the practicality of improvement of aerogas monitoring of coal mine workings with the use of forecasting of methane hazard of mine air. A classification scheme has been suggested of commonly practiced mathematical forecasting methods of random processes (time series). The particularities and the capabilities of these methods in regard to further improvement of mine methanometry are set out.

Keywords: coal mine, methane, aerogas monitoring, forecasting, random processes, time series, safety.

УДК 622.6; 620.193.23

В.В. ЛОБОДА, канд. техн. наук, зав. лаб., академик МАНЭБ,
Н.А. БЕЛОНОСОВА, зав. отд.,
Е.В. ВЕРЕЩАГИНА, науч. сотр.,
Н.В. МАНЕЦ, мл. науч. сотр.,
А.А. СОЛОМАХА, инж.,
В.А. ШЕПЕЛЕВА, инж.; ГБУ «МАКНИИ», г. Макеевка

О РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ШАХТНЫХ ПЕРЕДВИЖНЫХ ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Исследованы температурные нагрузки в рабочих полостях на стороне всасывания винтового компрессора в пусковых и аварийных режимах. Выявлены недостатки системы аварийной защиты винтового компрессора и сделан вывод о необходимости разработки более эффективной системы защиты.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, винтовая компрессорная установка, температурные нагрузки, аварийная защита.

При длительной эксплуатации передвижных винтовых компрессорных маслозаполненных шахтных установок (ВКМШ) возникают аварийные ситуации, связанные с нарушением температурного режима в полости камеры всасывания винтового компрессора (ВК) [1]. Это происходит, как правило, вследствие обратного вращения винтов ВК, неисправности обратного клапана на нагнетании компрессора, трения торцов винтов о корпус компрессора на стороне всасывания, а также выхода из строя подшипниковых узлов и шестерен редуктора. При этом, например, на компрессорах ЗИФ-ШВ-5М вследствие высокой температуры в камере всасывания отмечается обугливание уплотнительного прорезиненного кольца на дроссельном клапане, расположенном на линии всасывания ВК, образование нагаромасляных отложений на стенках корпуса дроссельного клапана, выход из строя пружины, поджимающей входную торель дроссельного клапана и др. При этом, установленная на ВКМШ защита не предотвратила, во многих случаях, аварийные ситуации.

Для повышения безопасной эксплуатации ВКМШ и установления

эффективности работы их аварийной защиты необходимо более широкое проведение теоретических и экспериментальных исследований процессов в камере всасывания. Проведенные ранее теоретические исследования показали возможность возникновения аварийно опасных температур в камере всасывания ВК [2].

Цель работы – анализ результатов проведенных экспериментальных исследований возникновения повышенных температурных нагрузок в камере всасывания ВК и эффективности работы системы аварийной защиты ВКМШ.

Экспериментальные исследования проведены сотрудниками МАК-НИИ на стендах НИИГМ им. М. М. Федорова и НПП «Компрессор» на натурных образцах компрессорных установок ЗИФ-ШВ-5М и УКВШ-5/7. Особое внимание было уделено термометру сопротивления для измерения температуры в полостях ВК. Так как в последних и в камере всасывания наблюдается быстроменяющаяся температура масловоздушной смеси, то для измерения были использованы термометры сопротивления с диаметром проволоки золоченого вольфрама 0,006 мм, позволяющие измерять температуру в ВК с наибольшей точностью и установить временные рамки воздействия пиковых значений температуры. Погрешности измерения температуры с помощью термометров сопротивления из вольфрамовых проволок диаметром 0,011±0,05 мм были ранее подробно исследованы [3]. Поэтому в данной работе отражены некоторые моменты, связанные с повышением точности и специфика замеров температур в ВКМШ, а также более полным учетом систематических и случайных погрешностей на основании методов, изложенных в работах [4,5].

Теплообмен между проволокой и средой, в которой она находится некоторый промежуток времени, можно выразить уравнением [3]:

$$d\theta_v = \alpha \cdot S \cdot (T - \theta_s) d\tau, \quad (1)$$

где c – полная теплоемкость проволоки;

S – полная поверхность проволоки;

α – коэффициент теплоотдачи;

θ_v – средняя по объему температура проволоки;

θ_s – средняя по поверхности температуры проволоки;

T – температура измеряемой среды;

τ – время.

Уравнение (1) можно преобразовать к виду:

$$T = \theta_v + c d\theta_v / \psi \cdot \alpha \cdot S d\tau^2, \quad (2)$$

где $\psi = T - \theta_s / T - \theta_v$ – безразмерный параметр, характеризующий степень неуравновешенности температурного поля по сечению проволоки.

Для проволоки золоченого вольфрама диаметром 0,006мм можно принять, согласно [3]:

$$\psi = 1, \text{ т.е. считать } \theta_s = \theta_v = \theta.$$

Тогда уравнение для определения температуры воздушной среды будет иметь вид:

$$T = \theta + v_t \cdot d\theta / d\tau, \quad (3)$$

где θ – регистрируемая прибором температура проволоки;

$v_t = \frac{c}{\alpha S}$ – постоянная тепловой инерции или постоянная времени термометра сопротивления.

В этом уравнении величина $\frac{d\theta}{d\tau}$ может быть определена дифференцированием записанной осциллографом зависимости $T = f(\tau)$.

Значение постоянной времени термометра сопротивления согласно [5] может быть определено из зависимости:

$$v_t = 4,2 G \cdot C_s \cdot (R_w - R_n) / Z \cdot I^2 \cdot R_o^2, \quad (4)$$

где: G – масса проволоки (активной части измерителя);

C_s – удельная теплоемкость;

R_n – сопротивление проволоки при нормальных условиях;

R_o – сопротивление при 0°C;

Z – температурный коэффициент сопротивления;

R_w – сопротивление нагретой проволоки;

I – ток, протекающий по проволоке.

Как видно из выражения (4), постоянная времени прямо пропорциональна параметрам проволоки и обратно пропорциональна квадрату тока I^2 . Однако увеличение тока I , в свою очередь, ограничено прочностными показателями проволоки и величина его должна выбираться из условия величины перегрева проволоки и скорости воздуха в камере.

Расчеты показали, что для датчика температуры из проволоки золоченого вольфрама диаметром 0,006 мм и длиной 4+6 мм постоянная времени не превышает $0,65 \cdot 10^{-3}$ с. Полученный результат хорошо согласуется с данными работы [2]. Такие показатели датчика сопротивления позволили с высокой точностью измерять температурные нагрузки в ВК, в том числе

в аварийных режимах его работы и контролировать эффективность работы системы аварийной защиты ВК при проведении экспериментальных исследований.

Было установлено, что несмотря на рост температуры масловоздушной смеси до аварийных значений более 125°C в камере всасывания ВК, например, при трении торцов винтов о корпус компрессора, а также при разрушении подшипниковых узлов в редукторе ВК, в 80% случаев срабатывание существующей аварийной защиты ВК не происходило.

Были исследованы повышенные температурные нагрузки в камере всасывания ВК, как при работе его в установившемся, так и в пусковом режиме. При этом в камере всасывания станции ЗИФ-ШВ-5М, работающей без обратного клапана в нагнетательном патрубке, возникает повышенная температура, превышающая допустимую по ПБ 125°C [6].

В таблице приведена выборка максимальных значений температуры, полученной в результате экспериментальных исследований.

Таблица

Выборка максимальных значений температуры в камере всасывания
при остановках станции ЗИФ-ШВ-5М

ВК после наработки 2500 часов в шахте											
1	383	7	400	13	423	19	388	25	413	31	443
2	389	8	413	14	391	20	399	26	398	32	383
3	411	9	392	15	413	21	418	27	391		
4	388	10	438	16	408	22	438	28	391		
5	391	11	391	17	413	23	398	29	428		
6	391	12	398	18	391	24	393	30	398		

Основные расчетные характеристики выборки температуры в камере всасывания следующие:

- математическое ожидание температуры $T_1 = 403,125^\circ\text{K}$;
- дисперсия $S^2 = 279,66^\circ\text{K}^2$;
- среднеквадратическое отклонение $S = 16,723^\circ\text{K}$;
- мера точности среднего результата всех опытов: $S_o = 2,992^\circ\text{K}$;
- доверительный интервал для единичных замеров $368,56 \leq X_{i2} \leq 437,68^\circ\text{K}$.

Таким образом, максимальное значение температуры в камере всасывания отработавшего достаточно длительный период времени ВК может существенно превышать допустимое по ПБ значение.

На рис. 1 приведены осциллограммы температуры и давления в камере всасывания, полученные в результате эксперимента при остановке ВК, работающего без обратного клапана в нагнетательном патрубке ком-

прессора, а на рис. 2 – с пониженным до 15% количеством циркулирующего масла в системе охлаждения и смазки (СОИС).

Как видно на рис. 1 температура в камере всасывания кратковременно повышается до 425°K , а затем (в течение 15-20с) снижается до $310-323^{\circ}\text{K}$. При этом, установленная аварийная защита не отключала ВК.

С уменьшением количества масла в СОИС наблюдается рост температуры в камере всасывания. Так, при уменьшении количества масла в СОИС до 15 л, температура в камере всасывания, измеренная термометром сопротивления (кривая 1), достигает 478°K (рис. 2). Кривая 2 на рис. 2 – это осциллограмма той же температуры, снятая с помощью термопары МК (диаметр проволоки в спае $0,2\text{ мм}$). Как видно, измерение быстроменяющихся температур с высоким градиентом точно осуществить термопарами практически невозможно. Аварийная защита в данном эксперименте также не отключала ВК.

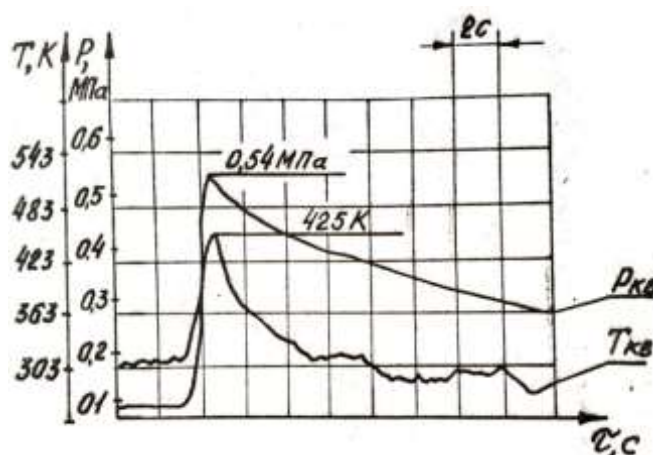


Рисунок – Осциллограммы давления P и температуры T при работе ВК без обратного клапана в нагнетательном патрубке

При работе ВК в штатном режиме с обратным клапаном в нагнетательном патрубке в случае запланированной или непредвиденной остановки компрессора, наблюдается незначительный рост температуры в камере всасывания. Следовательно, обратный клапан в нагнетательном патрубке ВКМШ позволяет существенно снизить максимальное значение температуры в камере всасывания компрессора.

Таким образом, система аварийной защиты, применяемая на ВКМШ ЗИФ-ШВ-5М, УКВШ-5/7 и др., не обеспечивает предотвращение возникновения аварийных ситуаций, связанных с ростом температуры в камере всасывания сверх допустимых пределов, в том числе в местах разрушения рабочих узлов на стороне всасывания ВК. Это связано с тем, что датчики температуры размещены в схеме аварийной защиты в точках, которые не позволяют осуществить своевременный и эффективный контроль возни-

кающих температурных нарушений, приводящих к аварийным ситуациям. Кроме того, для передвижных ВКМШ, в схеме аварийной защиты используют достаточно инерционные датчики тепловой защиты, приводящие к аварийным ситуациям, развивающимся достаточно длительное время, в результате чего выходят из строя рабочие узлы и детали ВК.

ВЫВОДЫ

Проведенные экспериментальные исследования ВКМШ показали, что в ряде случаев на стороне всасывания ВК появляются повышенные кратковременные температурные нагрузки, приводящие к выходу из строя некоторых узлов компрессора. Установленная на ВКМШ аварийная защита не реагирует на кратковременные «всплески» температуры до аварийных значений в камере всасывания компрессора.

Необходима разработка более эффективной системы аварийной защиты шахтных винтовых маслозаполненных компрессорных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобода В.В. Повышение надежности и безопасности шахтного винтового компрессора путем нормализации его температурного режима / В.В. Лобода // Стационарное оборудование шахт: сб./ НИИГМ им. М.М. Федорова. – Донецк. – 1987. – С.184-195.
2. Волчок Л.Я. Измерение переменной температуры в пульсирующих потоках газов / Л.Я. Волчок // Труды ЦНИДИ. – Ленинград. – 1958. – Вып. 36. – 131с.
3. Измерение нестационарных температуры и тепловых потоков. Под ред. д-ра техн. наук. проф. Гордова А.Н. – Москва: Мир, 1966. – 303 с.
4. Сурикова Е.И. Погрешности приборов и измерений / Е.И.Сурикова. – Ленинград: Изд-во Ленинград, 1975. – 160 с.
5. Максимук Б.Я. Измерение быстроменяющихся температур газа в цилиндре поршневого компрессора при работе на природном газе / Б.Я. Максимук // Использование горючих газов в народном хозяйстве. – Труды Всесоюзного совещания. – 1961. – С. 76-84.
6. Правила безопасности в угольных шахтах: НПАОТ 10.0-1.01-16 (с изменениями, от 20.06.17. Приказ № 157/291 Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР, Министерства угля и энергетики ДНР). – 230 с.

Получено: 05.05.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Диденко В.В.

UDC 622.6; 620.193.23

**V.V. LOBODA, Ph. D. Eng., head of laboratory, member of the
International Academy of Ecology, Man and Nature Protection Sciences
(MANEB),**

N.A. BELONOSOVA, head of department,

E.V. VERESHCHAGINA, research worker,

N.V. MANETS, junior research worker,

A.A. SOLOMAKHA, engineer,

V.A. SHEPELEVA, engineer; GBU MAKNI, Makeyevka

**THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES
OF THE OPERATION OF EMERGENCY PROTECTION SYSTEM
OF MINE MOBILE SCREW COMPRESSOR UNITS**

The temperature loads in the work spaces on the side of absorption of a screw compressor in starting operating mode and emergency mode have been studied. The weaknesses of emergency protection system have been detected and the conclusion has been made about the necessity of development of a more effective protection system.

Keywords: experimental studies, screw compressor unit, temperature loads, emergency protection.

УДК 621.316.9:622.862.7:622.3

А.Ю. ГЛАДКОВ, канд. техн. наук, зав. лаб.,
И.П. ГОРОШКО, зав. отд.,
В.А. ГАВРИЛКО, ст. науч. сотр.; ГБУ «МАКНИИ», г. Макеевка;
А.Ю. КАРПОВСКИЙ, зав. отд., ГБУ «АВТОМАТГОРМАШ
ИМ. В.А. АНТИПОВА»;
И.А. БЕРШАДСКИЙ, д-р техн. наук, зав. каф. ФГБОУ ВО ДОННТУ;
г. Донецк

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЕМКОСТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКОВ УТЕЧКИ НА ЗЕМЛЮ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ ШАХТНЫХ УЧАСТКОВЫХ СЕТЕЙ 3,3 кВ

Дан расчет силы тока, протекающего при прикосновении человека к токоведущим частям при фактическом сопротивлении изоляции и сопротивлении изоляции, равном бесконечности. Уточнены условия, при которых достоверность расчетов не менее 95%. Рассчитана граничная емкость участковой сети 3,3 кВ в зависимости от сопротивления изоляции с учетом предельно-допустимого уровня напряжения прикосновения и тока в аварийном режиме для оценки емкостных токов в сети 3,3 кВ.

Ключевые слова: электрическая сеть напряжением 3,3 кВ, ток утечки, емкость сети, напряжение прикосновения, электробезопасность, сопротивление изоляции.

Увеличение производительности угольных шахт и нагрузки на забой, усложнение горно-геологических условий добычи, внедрение новых схем ведения очистных работ "лава-пласт" и лава-шахта" требует разработки новых средств механизации очистных работ в виде мощных энерговооруженных очистных комплексов, транспортных и проходческих машин, а также, в определенной степени, и вспомогательного электрооборудования. Создание мощных электроприводов для таких комплексов возможно путем увеличения напряжения до 3,3 кВ.

Требования непрерывного контроля снижения сопротивления изоляции [1, 2] обеспечиваются в шахтных электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением 3,0 (3,3) кВ и 6 кВ аппаратами общесетевой защиты АЗО-3 и аппаратами защиты от токов утечки АЗУР.5. При этом ни один из применяемых аппаратов не обеспечивает защиту людей от пора-

жения электрическим током при прикосновении к открытым токоведущим частям.

Основным затруднением при использовании предельно-допустимых нормативных значений является определение фактических напряжения прикосновения и тока утечки через человека для сетей выше 1000 В, в частности для 3,3 кВ [3]. Их достоверный расчет является многофакторной задачей, поскольку зависит от напряжения сети, сопротивления изоляции, схемы «включения человека в цепь», сопротивления человека, режима нейтрали, а также значения емкости фаз относительно земли.

Известно, что одним из наиболее эффективных путей снижения тока через человека и, следовательно, обеспечения электробезопасности является снижение емкостной составляющей тока утечки [4]. Указанное можно достичь двумя способами:

- компенсацией индуктивными токами, характеризующейся, наряду со сложностью реализации, завышенным значением переходного тока утечки через человека в течение 10-15 мс по сравнению с сетью без компенсирующего устройства, а также перенапряжениями до (3-5) U_{ϕ} , вызывающими пробой изоляции кабелей и электрооборудования [5];

- дроблением сетей и снижением, таким образом, общей протяженности кабельной сети, присоединенной к одной трансформаторной подстанции, учитывая, что емкость фаз шахтных электрических сетей относительно земли практически линейно зависит от протяженности кабельной линии [6]. Однако для его реализации в настоящее время отсутствуют зависимости критического сопротивления изоляции от емкости фаз сети относительно земли, аналогичные известным зависимостям для сетей 660 В, 1140 В [7].

В то же время для рассматриваемых сетей отсутствуют граничные значения емкости сети, превышение которых не обеспечит защиту человека от поражения электрическим током без применения указанных мер. Таким образом, их определение является актуальной задачей.

Цель работы – определение граничных параметров емкостной составляющей токов утечки на землю для обеспечения электробезопасности в шахтных участковых сетях 3,3 кВ.

Известно, что при прикосновении стоящего на земле человека к одной фазе электрической сети с изолированной нейтралью, ток будет протекать через человека и изоляцию двух других фаз (рис. 1) [8].

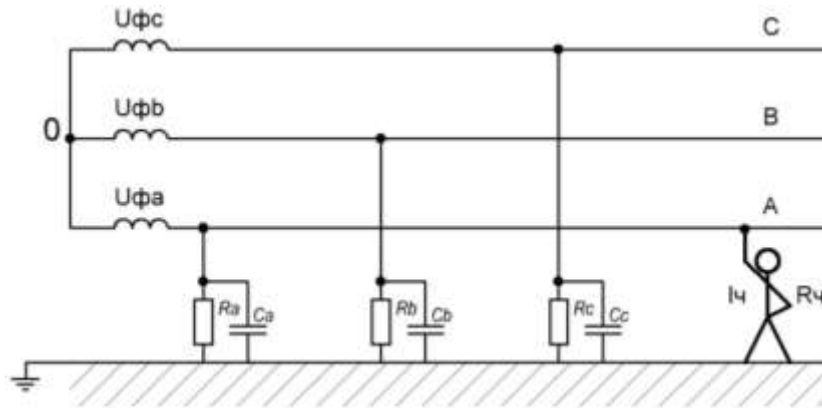


Рис. 1. Схема трехфазной электроустановки с изолированной нейтралью, к фазе **A** которой прикоснулся человек сопротивлением $R_{\text{ч}}$

При этом величина тока будет определяться не только сопротивлением человека, но и сопротивлением изоляции электроустановки. Расчет тока утечки в указанной сети при следующих допущениях: электрическое сопротивление тела человека $R_{\text{ч}}$ чисто активное, емкости $C_A = C_B = C_C$ и сопротивления $R_A = R_B = R_C$ относительно земли, сосредоточенные и одинаковые, сопротивлением линии пренебрегаем [9], сводится к выражению:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R_u \cdot (R_u + 6 \cdot R_{\text{ч}})}{9 \cdot (1 + R_u^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2) \cdot R_{\text{ч}}^2}}}, \quad (1)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В;

$R_{\text{ч}}$ – сопротивление тела человека, Ом;

R_u – активное сопротивление изоляции сети относительно земли, Ом;

ω – угловая частота, 1/с;

C – емкость сети относительно земли, Ф.

Напряжение прикосновения человека определяется как:

$$U_{\text{ч}} = I_{\text{ч}} \cdot R_{\text{ч}}. \quad (2)$$

В сетях напряжением выше 1000 В, вследствие высокого уровня изоляции ($R_A = R_B = R_C = \infty$), активные токи утечки принимают равными нулю и учитывают лишь емкостные составляющие токов утечки. Тогда ток, протекающий через человека при его прикосновении к любой фазе [9], определяют по формуле:

$$I_{\text{ч}} = \frac{3 \cdot U_{\text{ф}} \cdot \omega \cdot C}{\sqrt{1 + 9 \cdot R_{\text{ч}}^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2}}. \quad (3)$$

По мнению авторов [10] формулу (3) целесообразно использовать для расчетов сетей напряжением 0,66 – 6,0 кВ с емкостью более 0,25 мкФ/фазу. При этом ожидаемая погрешность расчета при емкости до 1,0 мкФ на фазу не должна превышать 5-10 %. Для проверки данного утверждения проведем расчет токов утечки по формулам (1,3) при $R_{\text{ч}} = 850$ Ом [3], C от 0 до 1,0 мкФ, $R_{\text{и}} = 80$ кОм, $R_{\text{и}} = 240$ кОм, $R_{\text{и}} = 1$ МОм. Графическая интерпретация результатов расчетов представлена на рис. 2.

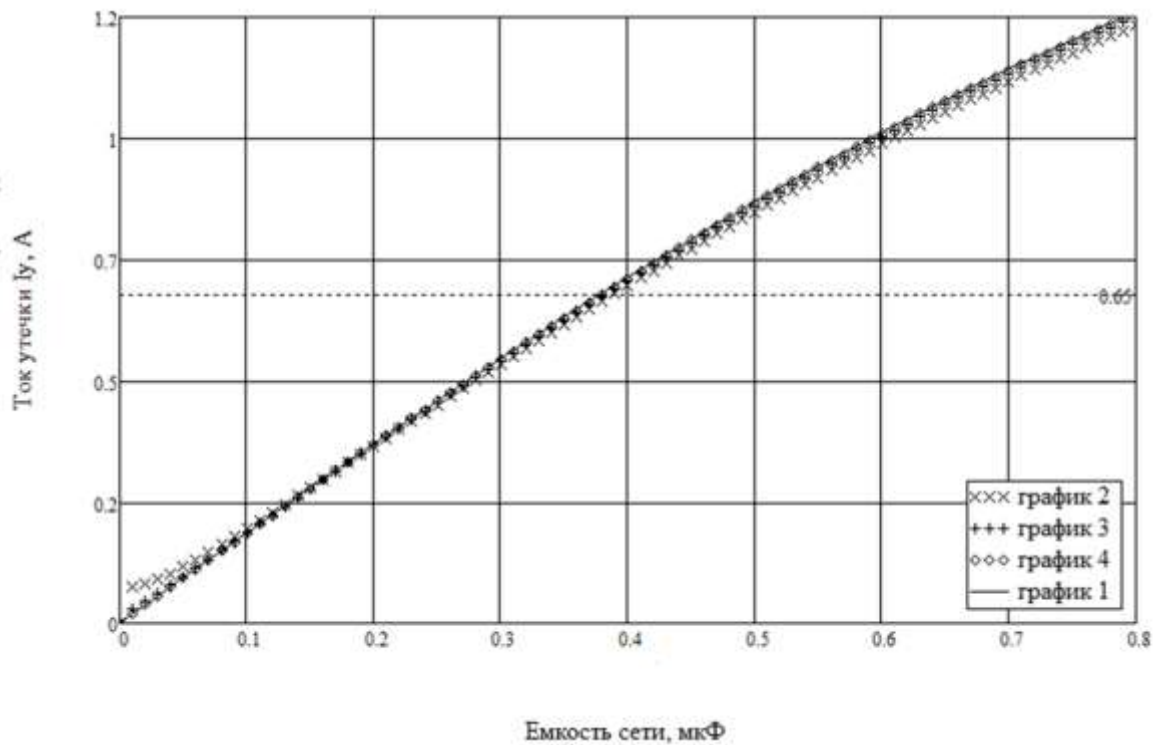


Рис. 2. Зависимость силы тока, протекающего через тело человека, от емкости сети:

график 1 – по (3); график 2 – по (1) при $R_{\text{и}} = 80$ кОм (установка однофазной утечки по ГОСТ 33968-2016); график 3 – по (1) при $R_{\text{и}} = 240$ кОм (изоляция фаз при установке симметричной утечки по ГОСТ 33968-2016); график 4 – по (1) при $R_{\text{и}} = 1$ МОм; кривая 5 – предельно допустимый ток утечки 0,65А при продолжительности воздействия от 10мс до 80мс

Анализ рис. 2 показывает, что увеличение сопротивления изоляции не приводит к существенному (более 5%) увеличению тока утечки $I_{\text{ч}}$. При этом, предельно допустимый ток утечки 0,65 А и напряжение прикоснове-

ния 550 В при воздействия от 10 мс до 80 мс согласно [3] достигается участковой сетью с емкостью от 0,35 до 0,38 мкФ.

Результаты расчета относительной погрешности значений силы тока, протекающего через тело человека, рассчитанной по формулам (1) и (3), представлены на рис. 3.

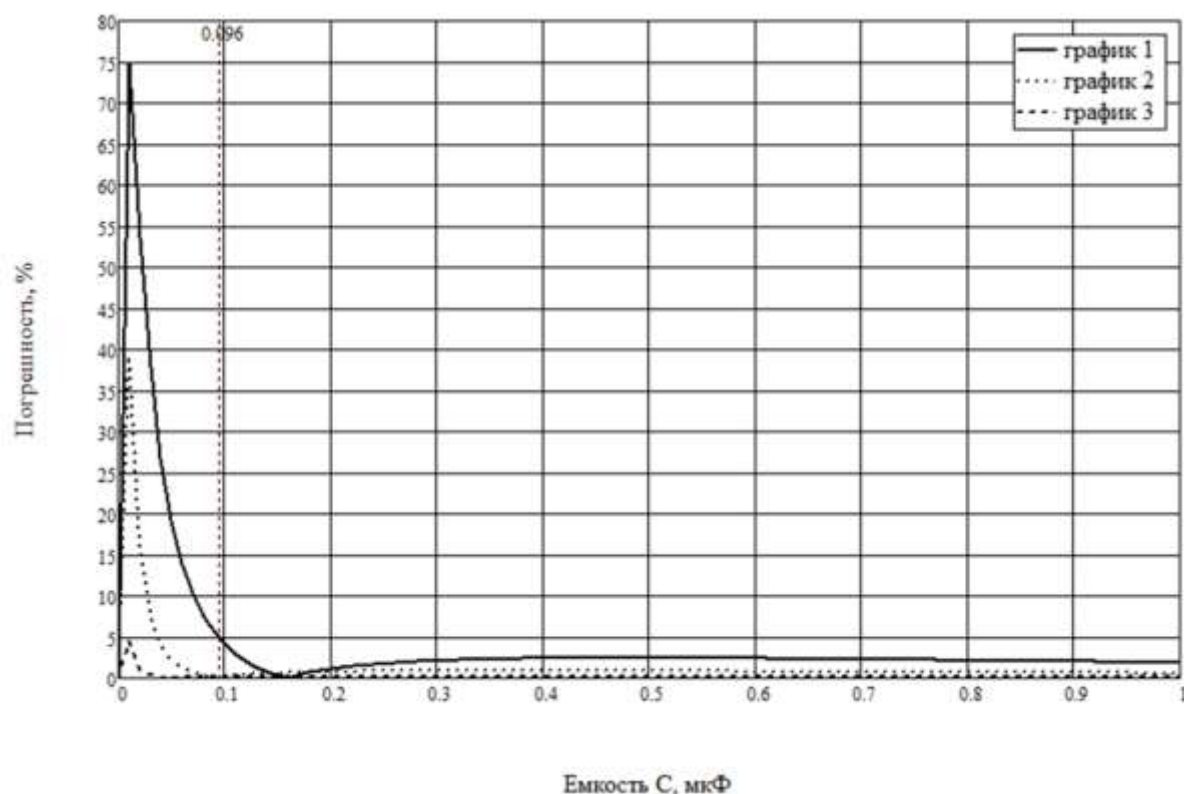


Рис. 3. Зависимости относительных погрешностей от емкости сети:
график 1 – при $R_{и} = 80$ кОм; график 2 – при $R_{и} = 240$ кОм;
график 3 – при $R_{и} = 1$ МОм

Анализ графиков на рис. 3 показывает, что при расчете тока утечки $I_{ч}$ по (3) без учета сопротивления изоляции в сетях напряжением 3,3 кВ, соблюдается точность не менее 95% при емкости фаз свыше 0,1 мкФ/фазу (в диапазоне до 1 мкФ).

С помощью (1) для участковой шахтной сети 3,3 кВ определена предельная емкость – 4,7 нФ, более которой допустимый безопасный ток через человека 25 мА при сопротивлении изоляции 240 кОм/фаза будет превышен. Реальные сети, как правило, обладают значительно большей емкостью относительно земли, поэтому обеспечить безопасность их эксплуатации без специальных мер защиты: защитного отключения, компенсации емкостных токов, шунтирования поврежденной фазы и т.д., не представляется возможным.

Для удобства оценки протяженности шахтных электрических сетей с изолированной нейтралью напряжением 3,3 кВ, с точки зрения защиты человека от поражения электрическим током, воспользуемся зависимостью емкости сети от сопротивления изоляции для предельно-допустимых значений тока утечки $I_{\text{ч}}$, напряжения прикосновения $U_{\text{ч}}$ (2) и количества электричества $Q = 50 \text{ мА} \cdot \text{с}$ [11]. После преобразования формулы (1), получим:

$$C = \frac{\sqrt{3I_{\text{ч}}R_{\text{ч}} - 3U_{\text{ф}} + I_{\text{ч}}R_{\text{и}}} \cdot \sqrt{3U_{\text{ф}} + 3I_{\text{ч}}R_{\text{ч}} + I_{\text{ч}}R_{\text{и}}}}{6\pi R_{\text{и}}f \sqrt{U_{\text{ф}} + I_{\text{ч}}R_{\text{ч}}} \cdot \sqrt{I_{\text{ч}}R_{\text{ч}} - U_{\text{ф}}}}, \quad (4)$$

где f – частота сети, Гц.

Результаты расчета емкости сети от сопротивления изоляции для предельно-допустимых значений тока утечки $I_{\text{ч}}$, напряжения прикосновения $U_{\text{ч}}$ (2), при разной продолжительности T тока, представлены на рис. 4.

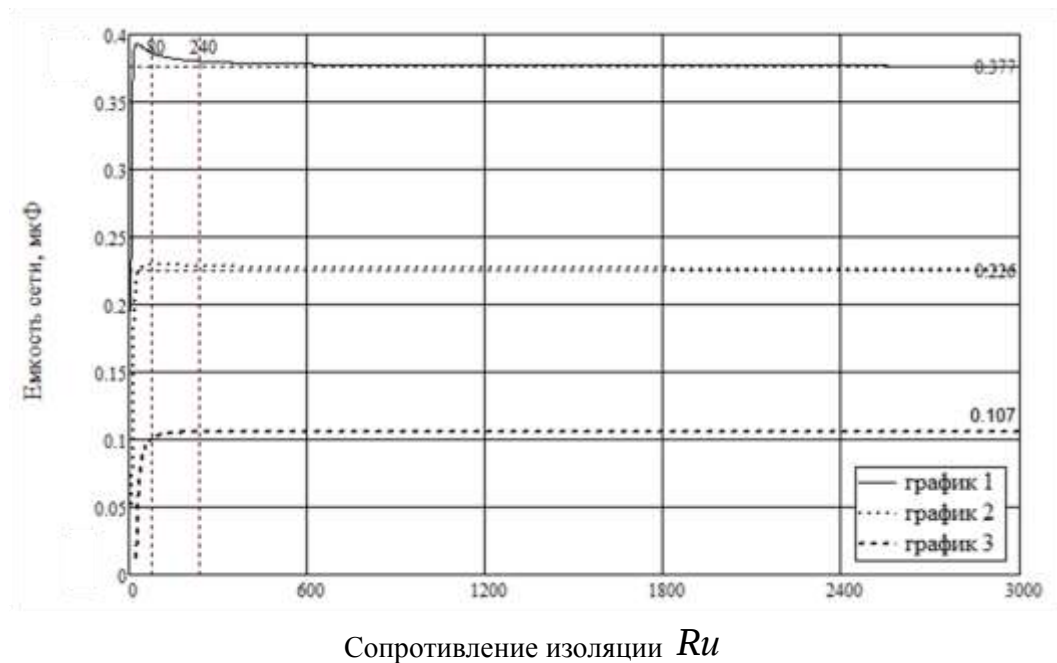


Рис. 4. Зависимости емкости сети от сопротивления изоляции при достижении предельно-допустимых значений по [2]:
график 1 – при $I_{\text{ч}} = 0,647 \text{ А}$, $U_{\text{ч}} = 550 \text{ В}$, $T = 10 \dots 80 \text{ мс}$; график 2 – при $I_{\text{ч}} = 0,4 \text{ А}$, $U_{\text{ч}} = 340 \text{ В}$, $T = 100 \text{ мс}$; график 3 – при $I_{\text{ч}} = 0,188 \text{ А}$, $U_{\text{ч}} = 160 \text{ В}$, $T = 200 \text{ мс}$

Для действующих добычных участков напряжением 3,3 кВ емкость сети, как правило, не превышает 0,377 мкФ. Таким образом, анализ рис. 4

(кривая 1) показал, что допустимое время воздействия тока на человека составляет до 80 мс включительно. По истечении указанного времени следует принять специальные меры защиты, такие как защитное отключение или шунтирование поврежденной фазы.

ВЫВОДЫ

Достоверность расчета силы тока, протекающего через человека в сетях с изолированной нейтралью напряжением 3,3 кВ, с помощью формулы (3) с сопротивлением изоляции равным бесконечности при емкости фаз более 0,1 мкФ/фазу, не менее 95 %.

Сформулировано аналитическое выражение и получены зависимости емкости сети от сопротивления изоляции, в которых учтены критические предельно-допустимые значения тока утечки и напряжения прикосновения для разного времени воздействия тока на человека. Это позволит осуществлять оценку шахтных электрических сетей с изолированной нейтралью напряжением 3,3 кВ с точки зрения обеспечения требований электробезопасности до принятия защитных мер – защитное отключение или шунтирование поврежденной фазы.

В результате расчетов установлено, что при снижении продолжительности воздействия тока до 80 мс и сопротивлении изоляции ниже нормированной однофазной уставки 240 кОм для напряжения 3,3 кВ наблюдается рост значения граничной емкости от установившегося значения ($R_{из} \rightarrow \infty$), что следует учитывать при оценке обеспечения электробезопасности шахтной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах»: утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19 ноября 2020 г. № 471. – Москва: Минюст России, 2021. – 187с.
2. Методические указания по электроснабжению, выбору и проверке электрических аппаратов, кабелей и устройств релейной защиты в участковых сетях угольных шахт (рудников) напряжением 3300 В (Зарегистрирован в Минюсте РФ 6 декабря 2011 г. Регистрационный N 22512). - С. 6-7.
3. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов через тело человека: – дата введения 1984-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1983. – 7 с.

4. Дзюбан В.С. Аппараты защиты от токов утечки в шахтных электрических сетях : научное издание / В.С. Дзюбан. – Москва: Недра, 1982. – 152 с.
5. Гришин М.В. Совершенствование требований к контролю изоляции подземных электроустановок / М.В. Гришин // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово. – 2010. – №2. – С.195-201.
6. Сычев Л.И. Шахтные гибкие кабели и электробезопасность сетей / Сычев Л.И., Цапенко Е.Ф. – Москва: Недра, 1978. – 216 с.
7. Цапенко Е.Ф. Горная электротехника / Е.Ф. Цапенко, М.И., Мирский, О.В. Сухарев. – Москва: Недра, 1986. – 431 с.
8. Изоляция подземных электроустановок шахт и электробезопасность / Л.В. Гладилин, Б.Г. Меньшов, В.И. Щуцкий [и др.]. – Москва: Недра, 1966. – 262 с.
9. Озерной М.И. Горная электротехника / М.И. Озерной. – Москва: Госгортехиздат, 1962. – 432 с.
10. Ягудаев Б.М. Защита от электропоражения в горной промышленности / Б.М. Ягудаев, Н.Ф. Шишкин, В.В. Назаров. – Москва: Недра, 1982. – 152 с.
11. Колосюк В.П. Защитное отключение рудничных электроустановок / В.П. Колосюк. – Москва: Недра, 1980. – 334 с.

Получено: 29.05.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Демченко О.А.

UDC 621.316.9:622.862.7:622.3

A.Y. GLADKOV, Ph. D. Eng., head of laboratory,

I.P. GOROSHKO, head of department,

V.A. GAVRILKO, senior research worker; GBU MAKNI, Makeyevka;

A.Y. KARPOVSKY, head of department, GBU AVTOMATGORMASH

IM. V. A. ANTIPOVA;

I.A BERSHADSKY, Dr. Eng., chairperson, FGBOU VO DONNTU; Donetsk

DETERMINATION OF BOUNDARY PARAMETERS OF CAPACITIVE COMPONENT OF EARTH LACKAGE CURRENT WHICH ENABLE ELECTRICAL SAFETY OF 3,3 KV MINE CIRCUIT BRANCHES

This research paper presents the calculation of intensity of current flowing during touching of conducting parts by actual insulation resistance as well

as insulation resistance equal to infinity. The conditions have been clarified whereby the reliability of the calculations is at least 95%. The boundary capacity has been calculated of the 3,3 kV mine circuit branch in relation to insulation resistance with respect to maximum permissible level of effective touch voltage and current in emergency operation for assessment of capacitive currents in a 3,3 kV circuit branch.

Keywords: circuit with the voltage of 3,3 kV, leakage current, circuit capacity, touch voltage, electrical safety, insulation resistance.

УДК 622.2

Л.Ф. ТРУНОВ, зав. лаб.,

А.В. ГОРЕЛОВ, ст. науч. сотр.; ГБУ «ДОНУГИ», г. Донецк

О СОЗДАНИЯ КОРОТКОЗАБОЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ МАЛОМОЩНЫХ ПЛАСТОВ

Разработана новая короткозабойная технология и ее основные параметры, позволяющие выбрать оптимальную технологическую схему и способы ведения горных работ, исключая обрушение пород кровли на выемочном участке.

Ключевые слова: короткозабойная технология, целик, бурошнековая выемка, параметры, технологические схемы, управление кровлей.

При сложившейся системе подготовки и отработки угольных пластов на действующих шахтах остается значительное количество целиков угля различных размеров. Анализ горно-геологических условий шахт показал, что практически 25% всех промышленных запасов угля на шахтах находятся в целиках, основная часть которых уже вскрыта горными работами. К целикам имеются подходы горными выработками, обеспеченными проветриванием, средствами транспорта, электрической и пневматической энергиями, поэтому разработка, позволяющая повысить полноту их извлечения с небольшими затратами трудовых и материальных ресурсов, актуальна. Сегодня на многих шахтах, особенно Донецко–Макеевского региона, горные работы остановлены. Возобновление добычи угля традиционным способом – длинными лавами – осложняется следующими факторами:

- значительной удаленностью запасов угля от стволов при использовании длинно-столбовой системы разработки;
- высокой стоимостью, в среднем от 1 до 4 млрд. руб., подготовки горными работами выемочного участка и оборудования – механизированных комплексов;
- отсутствием квалифицированных специалистов и опытных горнорабочих для работ в комплексно-механизированных лавах. Для подготовки и обучения требуется определенное время.

Цель статьи – информирование специалистов проектных организаций, экспертных центров, технических служб предприятий о разработке эффективной короткозабойной технологии и требований к ней для различ-

ных горно-геологических и горнотехнических условий.

В настоящее время в связи с совершенствованием средств механизации, внедрением высокопроизводительных средств выемки и транспортировки угля, крепления и управления кровлей произошли значительные изменения в технологии ведения горных работ. Это привело к необходимости усовершенствования короткозабойной технологии, удовлетворяющей современным требованиям. ГБУ «ДОНУГИ» проводит научные исследования с целью разработки такой технологии для пологих маломощных пластов, позволяющей вести эффективную и безопасную добычу угля, основные преимущества которой:

- низкие затраты на подготовку горными работами очистного забоя и оборудования;
- возможность привлечения горнорабочих с различной степенью квалификации и укомплектование очистного забоя сравнительно недорогим оборудованием;
- удельный вес трудовых затрат для управления кровлей в коротком забое, приходящихся на единицу добычи, значительно меньше, чем в длинном забое, т.к. необходимая несущая способность крепи в 5-10 раз меньше.

Согласно классификации, разработанной ГБУ «ДОНУГИ», к системам отработки короткими очистными забоями отнесены системы ведения горных работ, при которых только непосредственная кровля пласта находится в зоне неупругих деформаций, а основная кровля остается в зоне упругих деформаций, в связи с этим горные работы не влияют на объекты поверхности [1].

На основе проведенных ГБУ «ДОНУГИ» исследований разрабатывается короткозабойная технология выемки угля для пологих маломощных пластов в условиях угольных предприятий ДНР, которые включают технологические схемы и технологические способы ведения горных работ при подготовке и отработке угольных пластов [2].

Знание основных параметров ведения горных работ, а именно: максимальной длины очистного забоя; ширины предохранительных угольных целиков; диапазона допустимого отставания временной крепи от очистного забоя при выемке угля и управления кровлей, исключающие обрушение пород кровли, позволяет выбрать технологическую схему выемочного участка.

Исследования в этом направлении проведены при выполнении НИР «Исследование и разработка короткозабойной технологии выемки угля для применения на пологих маломощных пластах в условиях угольных предприятий ДНР» [1]. В процессе работы установлено, что определение пара-

метров напряженно-деформированного состояния вмещающих пород угольных целиков для установления категории устойчивости непосредственной кровли в любой точке целика в зависимости от величины опорного давления, не производилось. Решение этой проблемы позволит определять состояние вмещающих пород угольного пласта в любой его точке для определения устойчивости кровли с технологической точки зрения, на основании которой можно выбрать оптимальный вариант технологической схемы, способы выемки угля и управления кровлей, особенно при безлюдной выемке, в частности, с использованием бурошнековых установок. В ГБУ «Донуглемаш» разработан бурошнековый комплекс с принципиально новым способом ведения горных работ: выемки угля, проведения подготовительной выработки, уборки горной массы из забоя. Однако, для практического применения данного комплекса необходимо разработать:

- требования к ведению горных работ при одновременном проведении подготовительной выработки и очистной выемке угля для определенных горно-геологических, горнотехнических условий;
- технические условия на изготовление специальной крепи для подготовительной выработки, обеспечивающей ее устойчивость и необходимые безопасные зазоры при ведении всех видов горных работ [3];
- технологические схемы и способы, их взаимодействие во времени при ведении горных работ для подготовки и отработки выемочного участка;
- предложения для усовершенствования конструкции отдельных видов оборудования данного комплекса, улучшающие его работу и приспособляемость к фактическим горно-геологическим и горнотехническим условиям.

В ГБУ «ДОНУГИ» предполагается разработка новых комбинированных технологий выемки угля с использованием сразу нескольких способов выемки и управления кровлей, в том числе, с использованием малогабаритных бурошнековых установок упрощенной конструкции. Такие конструкции могут быть созданы на базе уже имеющегося горно-шахтного оборудования по техническим условиям, разработанным институтом. Для короткозабойной технологии, в дополнение к технологическим схемам, необходимо разработать способы ведения работ с указанием инструментов, оборудования, схем выемки и транспортировки горной массы, крепления и управления кровлей в подготовительном и очистном забоях, которые предусматривают:

- влияние горно-геологических и горнотехнических условий;
- конкретные виды технологических схем короткозабойной технологии;

- способ и параметры проведения горных выработок;
- оборудование, способ, технологию и параметры выемки угля;
- оборудование и параметры установки крепи на линии очистного забоя;
- транспортировку горной массы из подготовительного и очистного забоев;
- требования к горнотехническому оборудованию для оснащения выемочного участка.

Для практического применения, в помощь проектным организациям и техническим службам угольных предприятий необходимо разработать программу для систематизации выбора технологических схем и способов ведения горных работ для подготовки и отработки угольных пластов с использованием короткозабойной технологии в условиях шахт ДНР для повышения полноты извлечения запасов недр.

В результате использования этой программы можно будет с достаточной степенью надежности, для конкретных горно-геологических условий, выбрать необходимую технологическую схему выемки угольного пласта и оборудование для механизации процессов разработки, как на стадии проектирования угольных предприятий, так и на стадии их эксплуатации.

Выбор технологических схем и способов для подготовки и отработки маломощных угольных пластов с использованием короткозабойной технологии позволит разрабатывать оптимальные способы управления кровлей и, как следствие, внедрять технологии ведения горных работ с технико-экономическими показателями не ниже показателей традиционных систем разработки длинными столбами, а также совершенствовать уже существующие и создавать новые виды горно-шахтного оборудования.

ВЫВОДЫ

Ведение горных работ с использованием короткозабойной технологии позволит обеспечить более полное извлечение запасов и создаст благоприятные условия для безопасной эксплуатации горных выработок в связи с меньшим количеством оставляемых целиков и, как следствие, меньшим количеством зон повышенного горного давления при дальнейшей отработке длинными столбами. Это делает короткозабойную выемку экономически целесообразной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет_НИР № 2-2025 «Исследование и разработка короткозабойной технологии выемки угля для применения на пологих маломощных пластах в условиях угольных предприятий ДНР». – Донецк: ГБУ «ДОНУГИ», 2025.
2. Методические рекомендации «Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°» / С.В. Балов, Л.Ф. Трунов, Л.Н. Капран, М.Е. Григорюк. – Донецк: ГБУ «ДОНУГИ», 2023. – 151 с.
3. Отраслевой стандарт «Методика расчета «Выбор крепления, способов и средств охраны подготовительных выработок на пологих пластах» / С.В. Балов, Л.Ф. Трунов, Л.Н. Капран [и др.]. – Донецк: ГБУ «ДОНУГИ», 2022. – 119с.

Получено: 09.04.25

Рекомендовал к опубликованию канд. техн. наук Балов С.В.

UDC 622.2

L.F. TRUNOV, head of laboratory,

A.V. GORELOV, senior research worker; GBU DONUGI, Donetsk

CONCERNING THE DEVELOPMENT OF A SHORTWALL TECHNOLOGY OF EXTRACTION OF THIN FLAT-LYING SEAMS

A new shortwall technology as well as its main parameters have been developed which make it possible to choose the optimal process diagram and mining methods to exclude roof collapse in a working area.

Keywords: shortwall technology, intact rock, augering, parameters, process diagrams, roof control.

УДК 622.2

Л.Ф. ТРУНОВ, зав. лаб.;

А.В. ГОРЕЛОВ, ст. науч. сотр.; ГБУ «ДОНУГИ», г. Донецк

ОБ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРАХ КОРОТКОЗАБОЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ УГЛЯ НА ПОЛОГИХ ПЛАСТАХ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ДОНБАССА

Предложен расчет основных параметров короткозабойной технологии на пологих пластах шахт Донбасса для выбора оптимальной технологической схемы ведения горных работ в конкретных горно-геологических условиях.

Ключевые слова: короткозабойная технология, основные параметры, технологические схемы, устойчивость пород, геомеханические критерии, полнота извлечения запасов, безопасность.

В настоящее время добыча угля основывается на отработке запасов длинными столбами и является преобладающей по сравнению с другими системами разработки. В соответствии с нормативными актами в границах шахтного поля запасы не разделяют по эффективности отработки, поэтому актуальной является отработка пластов с минимальными потерями.

Цель работы – разработка эффективной короткозабойной технологии и требований к ней для различных горно-геологических и горнотехнических условий за счет определения оптимальных параметров технологических процессов.

На основании проведенных исследований разработаны технологические схемы и установлены основные требования и параметры короткозабойной технологии для пологих маломощных пластов шахт ДНР с учетом горнотехнических условий и возможности внедрения современного горношахтного оборудования [1]. Выбор короткозабойной технологии для ведения горных работ обусловлен, в основном, управлением кровлей в соответствии с ее устойчивостью и способами выемки угля в очистном забое при условии обеспечения безопасности производственных процессов. Согласно классификации [1] к системам разработки короткими очистными забоями отнесены технологические схемы, при которых управление кровлей осуществляют таким образом, чтобы в зоне неупругих деформаций находилась только непосредственная кровля пласта, а основная – в зоне упругих деформаций и на процесс управления кровлей влияния не оказы-

вала.

Параметры устойчивости очистных выработок определяют предельные размеры обнажений пород в кровле выработок [2].

При выборе технологической схемы для короткозабойной технологии ведения горных работ авторами предложено использовать следующие основные параметры:

- длина очистного забоя;
- размер охранных целиков;
- диапазон допустимых расстояний между местом выполнения производственных процессов по выемке угля и местом управления кровлей.

Для определения длины короткого очистного забоя в зависимости от высоты зоны неупругих деформаций, т. е. мощности непосредственной кровли и устойчивости пород, сделаны аналитические расчеты по [2], на основании которых составлена номограмма, позволяющая определить длину очистного забоя для конкретных горно-геологических условий (рис.1).

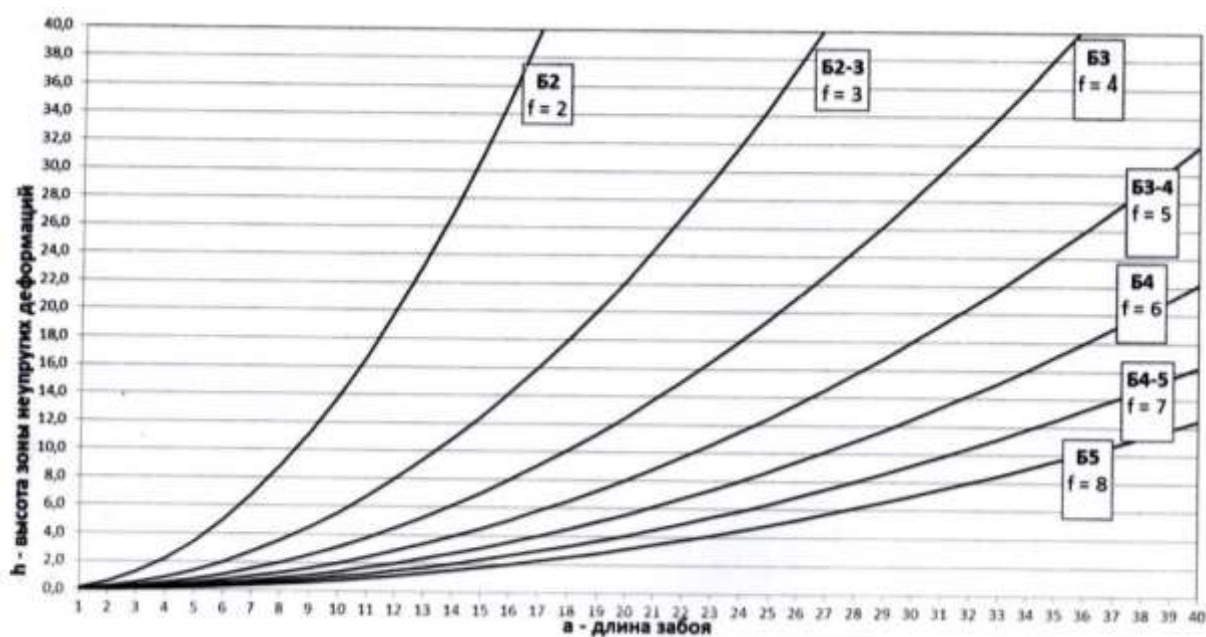


Рис. 1. Зависимость длины забоя от мощности и устойчивости пород непосредственной кровли

Определение ширины предохранительных целиков проведено на основании аналитических расчетов параметров целиков. Проведенный анализ известных расчетов размеров межкамерных и опорных целиков показал, что для ведения горных работ короткозабойными технологиями, когда

горное давление оказывается только породами, находящимися в зоне неупругих деформаций, эти расчеты не приемлемы. В связи с этим ширину предохранительных угольных целиков авторами предложено определять по методике [3] с учетом нового параметра – зоны разрушенного угля, зависящей от глубины разработки и зоны опорного давления, влияющих на состояние краевой части пласта.

Ширина B_c предохранительных угольных целиков определяется по формуле:

$$B_c = [20 \cdot R / (200 + R)] + S, \quad (1)$$

где R – средняя прочность пород кровли на сжатие, находящихся в зоне неупругих деформаций, МПа;

S – зона угля, разгруженного опорным давлением ранее отработанной лавы, определяемая согласно методике [2].

Диапазон допустимых расстояний между местом выполнения производственных процессов по выемке угля и местом управления кровлей в очистном забое должен обеспечить безопасность этих процессов, исходя из необходимости обеспечения устойчивости нижнего слоя пород непосредственной кровли, в том числе в безстоечном пространстве.

Разработаны две методики для определения параметров установки стоек временной крепи:

- расчетная плотность установки стоек временной крепи на 1 м² призабойной части кровли;

- устойчивость кровли в зависимости от мощности нижнего слоя кровли, который может обрушиться непосредственно в забое, и расстояния между трещинами в нем [2].

Расчетная плотность установки стоек временной крепи $F_{ст.р}$ определяется по формуле:

$$F_{ст.р} = \gamma \cdot h / p \cdot k, \text{ ст./м}^2, \quad (2)$$

где γ – удельный вес пород непосредственной кровли, находящихся в зоне неупругих деформаций, кН/м³;

h – мощность непосредственной кровли, находящейся в зоне неупругих деформаций, м;

p – проектная несущая способность стойки крепи, кН;

k – коэффициент, учитывающий влияние ширины забоя на расчетную плотность установки стоек крепи, определяемый по [1].

На основании аналитических расчетов [1], построена зависимость расчетной плотности стоек временной крепи от мощности непосредственной кровли h , находящейся в зоне неупругих деформаций, и несущей способности p стойки крепи (рис.2).

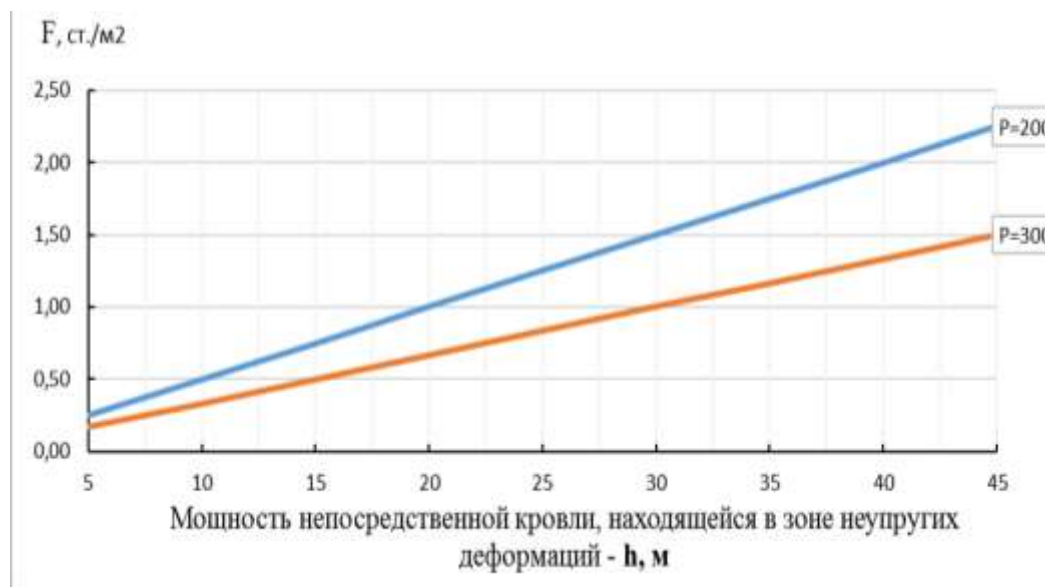


Рис. 2. Зависимость плотности установки стоек временной крепи от мощности h непосредственной кровли и несущей способности p

Параметры временной крепи согласно первой методике определяются для условий, когда весь слой пород непосредственной кровли находится в зоне неупругих деформаций. Однако после выемки угля, непосредственно в незакрепленном пространстве забоя, нижний слой кровли пласта переходит в зону неупругих деформаций не сразу на всю мощность непосредственной кровли, а слоями небольшой толщины, с некоторым отставанием во времени в зависимости от геомеханических свойств пород. Поэтому, отставание временной крепи от очистного забоя, обеспечивающее устойчивость нижнего слоя кровли, определяем по второй методике, согласно которой устойчивость нижнего слоя кровли обеспечивается параметрами стоек временной крепи в зависимости от B – мощности нижнего слоя кровли, который может обрушиться сразу после выемки угля, и Γ – расстояния между трещинами в нижнем слое кровли непосредственно в забое, определяющих категорию устойчивости кровли.

Для определения параметров установки временной крепи после выемки угля в забое, в зависимости от геомеханических критериев устойчивости кровли, по [2] проведены расчеты, на основании которых составлена

графическая зависимость отставания временной крепи от забоя (рис. 3).

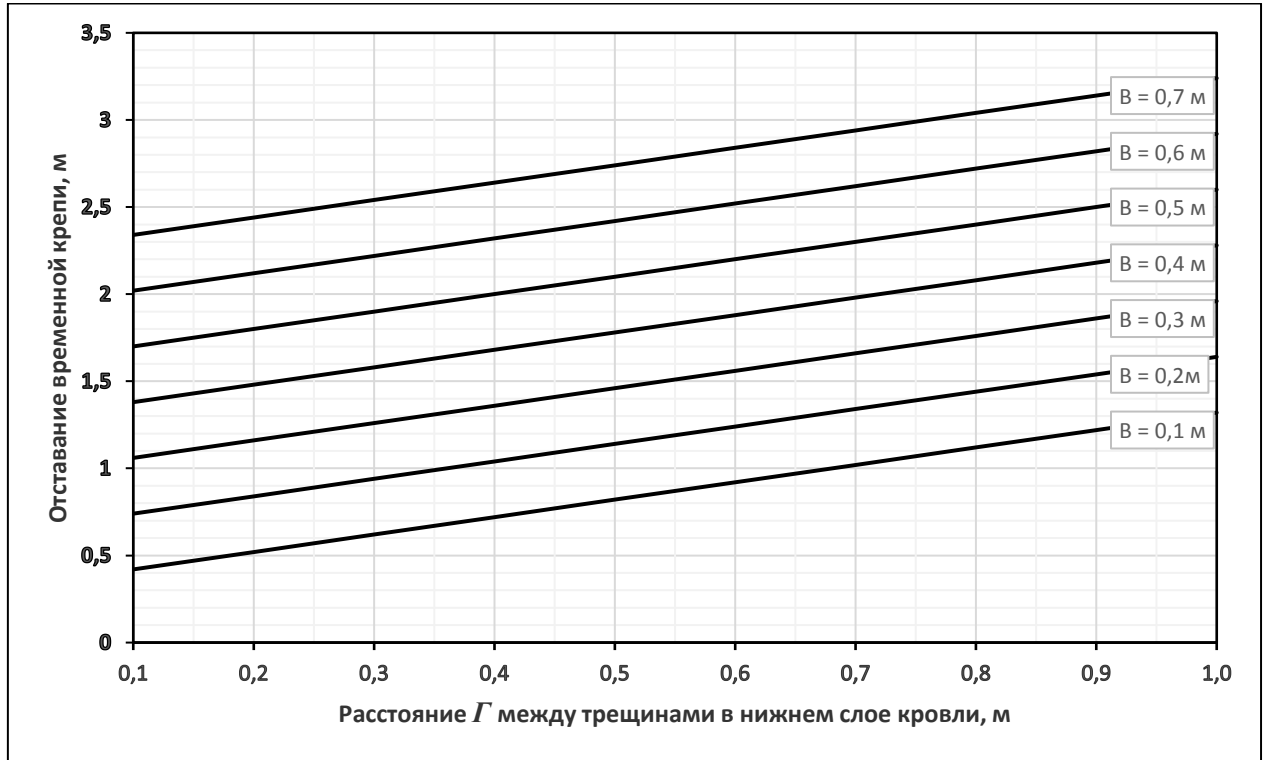


Рис. 3. Определение отставания временной крепи от угольного забоя в зависимости от геомеханических параметров устойчивости кровли

Расчет основных параметров ведения горных работ: максимальной длины очистного забоя, ширины предохранительных угольных целиков, диапазона допустимых отставаний временной крепи от очистного забоя при выемке угля и управления кровлей позволят выбрать оптимальную короткозабойную технологическую схему для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий.

ВЫВОДЫ

Полученные основные закономерности проявления горного давления в коротких забоях свидетельствуют о целесообразности и возможности использования короткозабойной технологии выемки угля для повышения полноты извлечения запасов и увеличения рентабельности угледобычи в условиях пологих маломощных пластов шахт ДНР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о НИР № 2-2025 «Исследование и разработка короткозабойной технологии выемки угля для применения на пологих маломощных пластах в условиях угольных предприятий ДНР». – Донецк: ГБУ «ДОНУГИ», 2025. – 266 с.
2. Методические рекомендации «Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°» / С.В. Балов, Л.Ф. Трунов, Л.Н. Капран, М.Е. Григорюк. – Донецк: ГБУ «ДОНУГИ», 2023. – 151 с.
3. Методика расчета «Выбор крепления, способов и средств охраны подготовительных выработок на пологих пластах / С.В. Балов, Л.Ф. Трунов, Л.Н. Капран [и др.]. – Донецк: ГБУ «ДОНУГИ», 2022. – 119 с.

Получено: 19.05.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Балов С.В.

UDC 622.2

L.F. TRUNOV, head of laboratory,

A.V. GORELOV, senior research worker; GBU DONUGI, Donetsk

BASIC CHARACTERISTICS OF SHORTWALL COAL WINNING TECHNOLOGY AT FLAT-LYING SEAMS OF DONBAS MINES

The method for calculation of basic characteristics of shortwall technology at flat-lying seams of Donbas mines is suggested for the purpose of selection of the optimal process flow for mining in specific mining and geological conditions.

Keywords: shortwall technology, basic characteristics, process flows, rock stability, geomechanical criteria, recovery ratio, safety.

УДК 622.81

С.А. МЕЛЬНИКОВ, *ученый секретарь,*

Л.Н. КАПРАН, *зав. лаб.,*

В.Н. КИРИН, *ст. науч. сотр.; ГБУ «ДОНУГИ», г. Донецк*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВЗРЫВОВ ГАЗА И УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА ШАХТАХ

Выполнен анализ средств, применяемых для локализации взрывов на угольных шахтах. Приведены преимущества и недостатки пассивных и активных заслонов для локализации взрывов.

Ключевые слова: локализация взрывов, средства локализации, сланцевый заслон, водяной заслон, автоматическая система локализации, инертная пыль, ингибиторный порошок.

В последние годы в результате интенсификации угледобычи за счет технического перевооружения угольной промышленности, при усложняющихся горно-геологических и горнотехнических условиях, резко увеличилось пылеобразование и газообильность шахт. Использование высокопроизводительной техники обусловило повышение энерговооруженности горных работ и токовых нагрузок. Все это увеличило взрывоопасность и, как следствие, групповой травматизм, связанные со взрывами метана и угольной пыли, при этом тяжесть их последствий практически стабильна [1]. При неудовлетворительном состоянии средств пылевзрывозащиты даже локальные взрывы метана или взвешенной угольной пыли, возникшие в горных выработках, способны распространиться на значительное расстояние. Из этого следует, что предупреждение и локализация взрывов в шахтах приобретает особую значимость и становится не только актуальной задачей, но и способом жизнеобеспечения в шахтах.

В последние годы взрывы газа и пыли на угольных шахтах России стали доминирующими по сравнению с другими видами аварий. За последние 30 лет на шахтах РФ произошли более 20 взрывов газа и пыли, на относительно малоаварийных польских шахтах – 15 взрывов метановоздушной смеси, при этом травмированы 426 человек, в том числе 219 – смертельно.

В настоящее время большое количество несчастных случаев фикси-

руется на шахтах КНР. За последние пятнадцать лет произошли более 30 мощных взрывов, в результате которых погибли свыше 2 тыс. человек. [2].

Причинами аварий являются как нарушения правил безопасности, так и неэффективная работа средств локализации взрыва газа и угольной пыли.

Цель статьи – анализ эффективности средств для предупреждения и локализации взрывов газа и угольной пыли в выработках шахт.

В настоящее время для предупреждения и локализации взрывов метанопылевоздушной смеси применяются заслоны. В шахтах применяют сланцевую пылевзрывозащиту, гидропылевзрывозащиту и комбинированную пылевзрывозащиту [3]. По принципу действия заслоны делятся на пассивные и автоматические [1]. Пассивные заслоны срабатывают непосредственно от действия ударной волны взрыва, а автоматические – от специальных датчиков или устройств.

Сланцевый пассивный заслон начал применяться в конце 19 века, и в настоящее время продолжает находить широкое применение. Сланцевые заслоны монтируются длиной не менее 20 м. Полки сланцевого заслона выполняются жесткой конструкции или свободно лежащим настилом. Расстояние между полками не менее их ширины.

Количество инертной пыли в сланцевых заслонах определяется из расчета 400 кг на 1 м² горной выработки в свету в месте установки заслона и может достигать нескольких тонн [4].

При взрыве ударная воздушная волна разрушает заслон, формируя облако инертной пыли. Однако в самом принципе действия сланцевого заслона заложено техническое противоречие. При «слабых» взрывах ударная волна не в состоянии опрокинуть полки с инертной пылью, а при «сильных» взрывах, вследствие инерционности сланцевого заслона более 2 с, не успевает сформироваться облако инертной пыли на пути распространения фронта пламени.

Как известно, при малой скорости горения расстояние между фронтом ударной воздушной волны и фронтом пламени значительно, поэтому велика вероятность того, что в момент прихода фронта пламени пламегазющая среда уже полностью или в большей мере утратит взрывозащитные свойства. При «сильных» же взрывах имеет место высокоскоростное взрывное горение. Пассивный заслон не успевает вовремя создать необходимую концентрацию взрывающегося облака и перекрыть сечение выработки. Таким образом, сланцевый заслон, установленный с соблюдением всех требований, срабатывает только при определенном диапазоне скоростей распространения пламени.

Следует отметить, что эффективность заслонов зависит от качества

используемой инертной пыли. Довольно часто инертная пыль слеживается, поэтому не поднимется в воздух при воздействии на нее ударной волны.

Кроме того, сланцевая пыль быстро оседает на почву выработки, не локализуя медленно подходящий фронт пламени от «слабых» балансирующих взрывов. После опрокидывания полков, вследствие неравномерного распределения инертной пыли, в выработке, чаще всего под ее кровлей, могут образоваться каналы, в которых отсутствует предохранительная среда и через них происходит «проскок» пламени за пределы заслона.

Для локализации взрывов угольной пыли в горных выработках применяются и водяные заслоны. Они не уступают по эффективности сланцевым заслонам, но более удобны в эксплуатации.

Полки водяного заслона устанавливают таким образом, чтобы расстояние от кровли выработки до верха, размещенного на них жесткого сосуда, было не менее 100 мм и не более 300 мм. Ширина полки для размещения сосудов не менее 150 мм.

Сосуды водяного заслона наполняются водой, водными растворами или другими огнетушащими жидкостями. Количество жидкости в водяных заслонах определяется из расчета 440 л на 1 м поперечного сечения горной выработки в свету в месте установки заслона.

Вместе с тем, эффективность срабатывания водяного заслона зависит от параметров ударной воздушной волны. Воду сложно перевести в мелкодисперсную аэрозоль, особенно при низком давлении на фронте ударной волны, и часто при взрывах она распыляется только на крупные капли, что уменьшает область локализации возможных взрывов.

Испытания, проведенные МАКНИИ, показали, что заслоны, выполненные из пластмассовых сосудов, эффективно гасят пламя взрывов угольной пыли, распространяющихся со скоростью 85 – 285 м/с, однако не подавляют пламя, распространяющееся с большой скоростью. Поэтому водяной заслон эффективен при слабых взрывах и малоэффективен при балансирующих или сильных взрывах.

Вследствие большой скорости испарения воды из сосудов и роли человеческого фактора при пополнении их водой, заслон не всегда обеспечивает высокую надежность локализации взрывов. Для устранения этого недостатка в воду добавляют различные химические вещества: хлориды кальция, магния, пленкообразующие полимеры, имеющие значительную стоимость [5].

Основными недостатками водяных и сланцевых заслонов для предупреждения и локализации взрывов является их недостаточная эффективность.

В настоящее время применяются автоматические системы взрывопо-

давления – локализации взрывов, предназначенные для защиты горных выработок от распространения по ним взрывов метановоздушной смеси и (или) угольной пыли [6].

Главной задачей при разработке таких систем было обеспечение их быстродействия и устойчивости к механическим воздействиям.

Наиболее совершенной разработкой является автоматическая система взрывоподавления – локализации взрывов АСВП-ЛВ, обладающая достаточным быстродействием при создании локализующего облака взрывоподавляющего порошка.

Автоматические системы взрывоподавления – локализации взрывов типа АСВП-ЛВ представляют собой автономное устройство. Система в горной выработке крепится анкером или к элементам крепи, снаряжается огнетушащим порошком массой 25 кг и имеет емкость со сжатым воздухом. Система полностью автономна, не требует подачи внешнего электропитания, не имеет пиротехнического заряда, компактна, устанавливается в направлении распространения возможного взрыва. В случае, если взрыв пришел с противоположной от направления установки системы стороны, она может сработать и сформировать облако огнетушащего порошка на пути подходящего фронта пламени, локализуя взрыв, однако такой режим работы будет нештатным.

Система АСВП-ЛВ работает в ждущем режиме и приводится в действие ударной воздушной волной, образовавшейся в результате взрыва метанопылевоздушной смеси. Облако огнетушащего порошка, выброшенного в горную выработку сработавшей автоматической системой, ликвидирует подошедший фронт пламени и локализует процесс распространения взрывов по сети горных выработок.

Таким образом, проведенный анализ средств для предупреждения и локализации взрывов метанопылевоздушной смеси показал, что они не гарантируют в полной мере предотвращение аварий. Поэтому совершенствование системы взрывозащиты угольных шахт, в том числе и средств локализации взрывов газа и угольной пыли, является одной из важнейших задач в области техники безопасности и охраны труда на ближайшие годы.

ВЫВОДЫ

По своей конструкции пассивные заслоны не сложные в изготовлении, простые в обслуживании, не требуют больших материальных затрат.

Вместе с тем, сланцевые и водяные заслоны громоздкие стационарные сооружения, монтируемые длиной не менее 20 м. Эффективность их

срабатывания в значительной степени зависит от соблюдения норм загрузки и качества пламегасящего вещества.

Конструкция пассивных заслонов в полной мере не обеспечивает перевод всей массы пламегасящего вещества во взвешенное состояние и сохранение этого состояния до момента прихода фронта пламени, поэтому возможно образование каналов в кровле выработки, в которых отсутствует предохранительная среда.

Преимуществом автоматических заслонов является то, что они компактны, не загромождают выработку в месте установки и легко транспортируются.

Вместе с тем, эффективность их срабатывания зависит от качества изготовления изделия и надежности работы блока питания, возможны отказы системы при «тихом» взрыве и несанкционированное срабатывание вследствие механического воздействия на нее. Заслоны требуют постоянного контроля и технического обслуживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 56141-2014. Системы взрывозащиты горных выработок: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2014-09-25 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2015. – 15 с.
2. Джигрин А.В. Предупреждение и локализация взрывов газа и пыли в угольных шахтах / А.В. Джигрин, А.П. Коренев // Безопасность труда в промышленности. – 2009. – № 4. – С. 22-26.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах»; утверждены приказом Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору 08.12.2020 № 507. – 113 с.
4. ГОСТ 56690-2015. Пассивные средства локализации взрывов. Сланцевый заслон: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2015-11-06 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2016. – 18 с.
5. Ноженко А. А. Совершенствование средств предупреждения взрывов угольной пыли на шахтах и их локализации / А.А. Ноженко // Сборник науч. трудов ДонГТИ. – 2022. – № 27. – С.18-22.
6. Руководство по эксплуатации и применению автоматических систем взрывоподавления – локализации взрывов (АСВП-ЛВ) в подземных горных выработках угольных шахт, опасных по газу и пыли; согласовано

письмом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору 12.11.2006 №13-07/600. М: 2006. – 74 с., электронный ресурс: [svr.iv.ru>doc/ruk2006.pdf/](http://svr.iv.ru/doc/ruk2006.pdf)

Получено: 14.05.25

Рекомендовал к опубликованию канд. техн. наук Балов С.В.

UDC 622.81

S.A. MELNIKOV, *scientific secretary,*

L.N. KAPRAN, *head of laboratory,*

V.N. KIRIN, *senior research worker; GBU DONUGI, Donetsk*

**ANALYSIS OF EFFICIENCY OF TOOLS FOR ISOLATION
OF GAS AND COAL DUST EXPLOSIONS IN MINES**

The analysis has been carried out of explosion isolation tools applied in coal mines. The strengths and limitations of passive and active barriers for explosion isolation are presented.

Keywords: explosion isolation, isolation tools, stone-dust barrier, water barrier, automatic isolation system, inexplusive dust, inhibitor powder.

УДК 622.28

С.А. МЕЛЬНИКОВ, ученый секретарь,

Л.Н. КАПРАН, зав. лаб.,

В.Н. КИРИН, ст. науч. сотр.; ГБУ «ДОНУГИ», г. Донецк

О ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Приведены результаты расчетов плотности установки крепи в зависимости от глубины ведения горных работ, средств повышения рабочего сопротивления крепи. Показано, что применение замка АПЗ.030 с фигурной планкой, стоек усиления, упрочнение вмещающих пород позволит увеличить шаг установки крепи.

Ключевые слова: устойчивость выработок, арочная крепь, горное давление, рабочее сопротивление, смещение пород, плотность установки крепи, анкерная крепь.

С переходом горных работ на более глубокие горизонты, наблюдается тенденция к снижению устойчивости подготовительных выработок. В некоторых выработках смещение пород кровли за весь срок службы достигает 1000-1500 мм, а почвы – 3000 мм [1]. От состояния горных выработок зависит обеспечение устойчивого проветривания шахты, своевременная доставка рабочих, оборудования, материалов, транспортировка горной массы и безопасность ведения горных работ. Поэтому, поддержание горной выработки в течение всего ее жизненного цикла в рабочем состоянии является первостепенной задачей.

Несмотря на обеспечение устойчивости горных выработок за последние годы, повышение несущей способности крепей горных выработок, удельный объем выработок с неудовлетворительным сечением и профилем рельсового пути практически не изменился. Удельный объем действующих выработок на шахтах ДНР, не соответствующих требованиям нормативных документов по охране труда, остается на уровне 13,5%, а выработок с неудовлетворительным профилем рельсового пути – на уровне 40,3% [2].

Как показывает анализ состояния подготовительных выработок на угольных предприятиях, существующие конструкции крепи не в полной мере обеспечивают эксплуатационное состояние горных выработок. Поэтому совершенствование крепи и ее элементов, повышающее устойчивость горных выработок и безопасность работ при их проведении, является

актуальным.

Цель работы - повышение устойчивости горных выработок за счет увеличения рабочего сопротивления арок крепи.

Устойчивость горных выработок зависит не только от эффективности способов их проведения и крепления, но правильного выбора типа крепи, плотности ее установки [3]. Для определения плотности установки крепи типа КМП-А3 с замком АПЗ.030 был выполнен расчет ожидаемых смещений пород, в зависимости от их литологического состава, способа проведения и расположения выработок, глубины их разработки. Расчет проводился для глубины выработки Н=800 м, 1000 м и 1200 м, в пределах крепости вмещающих пород $R_{кр} = 40$ МПа, 60 МПа, 80 МПа.

Выполненный расчет показал, что в выработках глубиной более 800м и вмещающими породами крепостью до 40-50 МПа, плотность установки крепи должна быть не менее двух рам на 1 м выработки.

При крепости пород до 80 МПа шаг установки крепи увеличивается и возможна установка одной рамы на 1 м выработки. Однако, шахтопластов с такой крепостью вмещающих пород в нашем регионе всего 10-12%.

Исходя из изложенного, с учетом горно-геологических условий, крепости вмещающих пород, глубины разработки, способа проведения и расположения выработки, предлагается следующая плотность установки крепи с замком АПЗ.030 (таблица).

Таблица

Плотность установки крепи с замком АПЗ.030

Способ проведения и поддержания выработки	Количество рам на 1м выработки при прочности пород непосредственной кровли, МПа		
	до 40	40-60	более 60
800 м			
Проводимые в массиве	1,0	1,0	1,0
Погашаемые за лавой	2,0	1,25	1,0
Проводимые за лавой	2,0	1,25	1,0
1000 м			
Проводимые в массиве	1,25	1,0	1,0
Погашаемые за лавой	2,0	1,5	1,0
1 200 м			
Проводимые в массиве	1,25	1,0	1,0
Погашаемые за лавой	2,0	1,5	1,0
Проводимые за лавой	2,0	1,5	1,25

Для определения влияния сопротивления крепи на смещение пород кровли в подготовительных выработках, вне зоны влияния очистных ра-

бот, на ряде шахт Донбасса с разными горно-геологическими условиями были проведены исследования, показавшие, что с каждым последующим увеличением сопротивления крепи на 200 кН смещение пород кровли уменьшается на 13-15% [4].

В настоящее время около 90% горных выработок на шахтах крепятся металлическими податливыми арочными крепями. Основным преимуществом наиболее часто применяемой арочной крепи является ее способность работать в податливом режиме. Для монтажа крепи в большинстве случаев применяются болтовые замки АПЗ.030. Их достоинство – простота в изготовлении и монтаже. Однако при податливости крепи замки перекашиваются, планка замка изгибается, скобы деформируются, вследствие чего уменьшается рабочее сопротивление крепи [5]. Прямая планка замка АПЗ.030 имеет недостаточную жесткость, поэтому предлагается заменить ее фигурной планкой с дополнительным ребром жесткости в виде полукольца.

Результаты расчета усилия затяжки гайки для замка АПЗ.030 с фигурной планкой толщиной 16 мм показывают, что замок удовлетворяет требованиям для крепи типа КМП-А3 и может обеспечить ее рабочее сопротивление до 230 кН. При этом вес фигурной планки толщиной 16 мм на 10% меньше веса прямой планки толщиной 18 мм. Предварительные лабораторные испытания подтвердили аналитические расчеты. Замок АПЗ.030 с фигурной планкой позволяет увеличить рабочее сопротивление крепи до 240 кН и, как следствие, увеличить шаг установки крепи на 0,2 м, что позволит снизить расход крепи на 20% при проведении 1 п. м.

Например, для условий шахты им. С.М. Кирова ГУП ДНР «Макеевуголь», при применении данного замка, затраты на проведения 1 п. м выработки уменьшатся на 8704 рубля [2].

Обеспечить повышенное рабочее сопротивление крепи можно применением крепи усиления, устанавливаемой под основную крепь в середине выработки. Задача усиливающей крепи – перераспределение нагрузки основной арочной крепи для предотвращения ее деформации и обеспечения ее податливости и устойчивости.

В качестве крепи усиления предлагается применять стойки усиления крепи СУ1 и СУ2, разработанные ГБУ «ДОНУГИ». Крепь усиления состоит из профиля СВП и призабойной стойки трения типа 9ТУ20.20. Эта крепь выполнена двух типов: СУ1 – с верхним расположением стойки трения и СУ2 – с нижним.

Рабочее сопротивление стойки усиления с верхним расположением стойки трения 9ТУ20.20 находится в пределах 200 кН. Рабочее сопротивление стойки усиления с нижним расположением стойки трения с замками

ЗПК15М и стойкой трения 9ТУ20.20 составляет 335 кН, а с замками типа АПЗ.030 – 300 кН. При этом суммарное рабочее сопротивление арочной податливой крепи со стойками усиления СУ2 будет составлять до 500 кН.

Установка данных стоек усиления в зонах повышенного горного давления способствует не только повышению устойчивости горных выработок, но и повышению безопасности труда работников.

Предлагаемая стойка усиления позволяет обеспечить рабочее сопротивление крепи выработок до 500 кН и уменьшить плотность установки крепи до одной рамы на метр, тем самым уменьшить расходы на арочную крепь на 25% в зависимости от горно-геологических условий.

Одним из перспективных направлений повышения устойчивости горных выработок является усиление арочной крепи анкерами, которые дают возможность использовать природную прочность пород.

При больших смещениях кровли, что характерно для Донецкого угольного бассейна, анкерную крепь применяют в комбинации с поддерживающими крепями. Упрочняя массив, анкерная крепь уменьшает смещение пород кровли, что позволяет снизить расходы на основную арочную поддерживающую крепь.

Расчет плотности установки крепи при рамно-анкерном креплении показывает, что при упрочнении вмещающих пород выработки анкерной крепью в отдельных горно-геологических условиях можно добиться снижения расхода крепи от 20% до 25% на 1 п. м выработки. В среднем расход количества рам на п. м выработки снизится на 0,23 рамы на метр. При этом вес рамы составляет 318 кг. Экономия металла на 1 м выработки будет $318 \cdot 0,23 = 73,1$ кг. Применение рамно-анкерного крепления наиболее эффективно в сложных горно-геологических условиях.

При глубине разработки от 1000 до 1200 м и крепости вмещающих пород 30 МПа применение рамно-анкерной крепи позволяет уменьшить плотность установки рамной крепи, в среднем, от 0,2 до 0,3 рам/м.

По мере улучшения горно-геологических условий экономический эффект применения рамно-анкерной крепи снижается. Так, при глубине разработки 1200 м и крепости вмещающих пород 60 МПа плотность установки крепи уменьшается, в среднем, на 0,2 рам/м. При глубине разработки 1200 м и крепости вмещающих пород 80 МПа применение рамно-анкерной крепи неэффективно, так как смещения пород кровли незначительные. Аналогичные результаты получены и для глубины разработки 1000 м. При крепости вмещающих пород 60 МПа плотность установки крепи уменьшается, в среднем, уже на 0,2 рам/м.

Для глубины разработки 800 м применение рамно-анкерной крепи эффективно только для крепости вмещающих пород 30 МПа.

ВЫВОДЫ

Применение замка АПЗ.030с фигурной планкой для крепи типа КМП увеличивает ее рабочее сопротивление до 240 кН и шаг установки на 20%, снижает на 20% расход крепи на проведение 1 п. м выработки и уменьшает на 10 % затраты на проведение 1 п. м.

Использование стоек СУ1 и СУ2 расширяет область применения крепи в зависимости от литологии вмещающих выработку пород, обеспечивает более полный контакт арочной крепи с породным массивом, тем самым уменьшая смещение вмещающих пород и улучшая устойчивость горных выработок.

При больших смещениях кровли, что характерно для Донецкого угольного бассейна, анкерную крепь предлагается применять в комбинации с поддерживающими крепями.

Расчет плотности установки крепи при рамно-анкерном креплении показывает, что при упрочнении вмещающих пород выработки анкерной крепью в отдельных горно-геологических условиях можно добиться снижения расхода крепи от 20% до 25% на 1 п. м выработки.

Повышение рабочего сопротивления крепи позволит не только обеспечить эффективное поддержание горных выработок, но и повысить их устойчивость и безопасность труда при ведении горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черняк И.Л. Влияние сопротивления крепи на устойчивость кровли подготовительных выработок / И.Л. Черняк, И.В. Крылов // Уголь. – 1985. – № 11. – С. 9-11.
2. Отчет по НИР №2-2025 «Развитие инженерных конструкций, повышающих устойчивость горных выработок». – Донецк: Фонды ГБУ «ДОНУГИ», 2025. – 168 с.
3. Методика расчета «Выбор крепления, способов и средств охраны подготовительных выработок на пологих пластах»: отраслевой стандарт Министерства угля и энергетики ДНР. – Донецк: ГБУ «ДОНУГИ», 2021. – 119 с.
4. Отчет о НИР №2-2019 «Разработать типоряд крепей усиления для поддержания подготовительных выработок в зонах их сопряжений с очистными забоями на базе повторно используемых металлических рамных крепей из спецпрофиля СВП». – Донецк: Фонды ГБУ «ДОНУГИ», 2019. – 55 с.

5. Литвинский Г.Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г.Г. Литвинский, Г.И. Гайко, М.И. Кулдиркаев. – Киев: Техника, 1989. – 216 с.

Получено: 14.05.25

Рекомендовал к опубликованию канд. техн. наук Балов С.В.

UDC 622.28

S.A. MELNIKOV, *scientific secretary,*

L.N. KAPRAN, *head of laboratory,*

V.N. KIRIN, *senior research worker; GBU DONUGI, Donetsk*

THE PROBLEM OF STABILITY ENHANCEMENT OF MINE WORKINGS

This research paper presents the results of calculation of support density depending on mining depth, tools for enhancement of support yield load. It is demonstrated, that the appliance of the coupling АПЗ.030 with figured plate, reinforcement straddles, strengthening of enclosing rocks enable the enlargement of the interval of timber setting.

Keywords: stability of workings, arch timbering, rock pressure, operating resistance, rock displacement, support density, roof bolting.

УДК 622.817

**В.Ю. ДЕРЕВЯНСКИЙ, ст. науч. сотр.,
В.В. ДЕНЬГА, зав. лаб.; ГБУ «МАКНИИ», г. Макеевка**

О ТРЕБОВАНИЯХ К ВЗРЫВОПОДАВЛЯЮЩИМ ВЕЩЕСТВАМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В СРЕДСТВАХ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВЗРЫВОВ ГАЗА И ПЫЛИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Дан анализ веществ, которыми снаряжаются заслоны, предназначенные для гашения фронта пламени при взрывах метана и угольной пыли. Однако, при взрывах поражающим фактором является и фронт ударной воздушной волны, который используемые заслоны погасить не в состоянии. Кроме того, в действующих нормативных документах отсутствуют требования к веществам, способным гасить фронт ударной воздушной волны. Поэтому предлагается внести дополнения в упомянутые документы, регламентирующие требования к компонентному и физико-химическому составу веществ для гашения фронта ударной волны.

Ключевые слова: угольная шахта, взрыв газо- и пылегазовой смеси, локализация взрывов, сланцевый заслон, водяной заслон, требования, взрывоподавляющие вещества.

Добыча угля в подземных выработках шахт сопровождается большим количеством опасных и вредных производственных факторов. Наиболее тяжелыми, по своим последствиям, являются взрывы газо- и пылегазовых смесей. В течение 2014-2022 гг. в угольной промышленности ДНР в результате аварий, сопровождающихся взрывами, погибло 48 чел., что составило 34,29% в общей структуре всего смертельного травматизма в отрасли.

Для снижения тяжести последствий аварий на шахтах применяются средства локализации взрывов. Указанные средства препятствуют распространению фронта пламени по горным выработкам, не позволяя воспламенить взрывоопасные скопления метана и угольной пыли. Наиболее распространенными средствами локализации взрывов являются сланцевые и водяные полочные заслоны. Эффективность заслонов во многом зависит от того, какими веществами они укомплектованы.

Цель статьи – информирование специалистов и производителей в области взрывозащиты о требованиях к разрабатываемым взрывоподавля-

ющим веществам, применяемым в заслонах для угольной промышленности.

Согласно [1], сланцевые заслоны применяют для предотвращения распространения взрывов пылегазовоздушной смеси в горных выработках угольных шахт и тушения фронта пламени, образовавшегося в результате данных взрывов. Принцип предотвращения распространения взрыва заключается в том, что ударная воздушная волна (УВВ), образовавшаяся в результате взрыва метана и угольной пыли, разрушает полки с инертной пылью, которая переходит во взвешенное состояние по всему сечению выработки и гасит подошедший фронт пламени.

В соответствии с [2], водяные заслоны являются автономными системами защиты, позволяющими уменьшить последствия воспламенения рудничного газа и/или взрывов в подземных выработках. Водяные заслоны позволяют предотвратить распространение взрыва и опасных цепных реакций метана. Принцип предотвращения распространения взрыва заключается в том, что взрывная волна разрушает полиэтиленовые сосуды водяных заслонов, заполненные водой. Вода, распыляясь по всему сечению выработки, гасит пламя.

Рассмотрим в качестве примера аварию, произошедшую 04.04.1998 на шахте им. А.А. Скочинского ГХК «Донуголь» в результате взрыва метановоздушной смеси и угольной пыли. Погибли 63 шахтера, еще 12 получили травмы разной степени тяжести. Взрыв произошел в надбункерном пространстве западного магистрального конвейерного штрека. Взрывоопасная метановоздушная смесь образовалась в застойной непроветриваемой зоне, в незаполненной углем части бункера и над бункером в результате выделения метана из угля. Было установлено, что причиной образования взрывоопасной концентрации угольной пыли в западном и восточном магистральных конвейерных штреках явилось несвоевременное и некачественное выполнение мероприятий по пылевзрывозащите. Источником воспламенения метановоздушной смеси явилось искрение в коробке ввода электродвигателя с нарушенной взрывозащитой ленточного конвейера 1Л80 №1 1-й восточной лавы пл. h'_6 . Воспламенение метановоздушной смеси привело к взрыву угольной пыли, распространившемуся по выработкам выемочных участков 1-й западной и 1-й восточной лав пл. h'_6 .

Из опросов шахтеров, застигнутых аварией, следовало, что после взрыва, их отбросило взрывной волной, поднялась пыль и повысилась температура воздуха. Все опрошенные лица находились в разных местах, на разном удалении от эпицентра взрыва, но все они свидетельствуют о прохождении по горным выработкам УВВ. Первые две вагонетки по ходу были расположены перпендикулярно рельсовому пути. Далее были обна-

ружены фрагменты разбитых вентиляционных дверей. Два сланцевых заслона, находящиеся в вентиляционном штреке, были полностью разрушены. Рельсовый путь и трубопровод повреждены по всей длине конвейерного штрека. На сопряжении западного магистрального конвейерного штрека с конвейерным ходком №1 обнаружено обрушение породы, под которой находились еще 2 вагонетки. Конвейер СП202 на протяжении 27 м от забоя лавы засыпан породой. В 10 м от сопряжения конвейерного ходка 6-й западной лавы с магистральным конвейерным штреком находилась забуренная вагонетка ВГ-3,3, а в 32 м от сопряжения – передвижная трансформаторная подстанция, развернутая на 15°. Два сланцевых заслона, расположенных в конвейерном штреке, были разрушены полностью.

Все изложенное указывает на действие УВВ, распространившейся по горным выработкам. Аналогичная картина имела место и при других подобных авариях, из чего можно сделать вывод о неэффективности применяемых заслонов, а также о недостаточности требований стандартов [1, 2], ориентирующих производителей веществ, которыми комплектуются данные заслоны в угольных шахтах, на выпуск преимущественно огнетушащих составов для гашения фронта пламени. Такие требования справедливы для автоматических заслонов, типа АВП-1 и СЛВА [3], предназначенных для локализации взрывов в их начальной стадии. Для заслонов, предназначенных для предотвращения распространения взрывов по сети горных выработок, в обязательном порядке должно быть введено требование об их оснащении веществами, обеспечивающими как гашение фронта пламени, так и гашение фронта УВВ.

В настоящее время в качестве огнетушащих материалов в заслонах используются самые различные вещества – вода, водные солевые растворы, инертная пыль и огнетушащие порошки.

Вода, по сравнению с другими веществами, обладает доступностью, низкой стоимостью, большой теплоемкостью, обеспечивающей отвод тепла. Так, один литр воды при нагревании от 0 до 100°C поглощает 419 кДж теплоты, а при испарении – 2260 кДж. Минимальная флегматизирующая концентрация воды составляет 0,5 л/м³ [4]. Однако вследствие высокой температуры шахтной атмосферы вода со временем испаряется, поэтому требуется периодическое обслуживание водяных заслонов. Аналогичный недостаток присущ и водным солевым растворам.

Гашение фронта пламени инертной пылью достигается при ее концентрации 0,788 кг/м³, поэтому она имеет более низкую пламегасящую способность по сравнению с водой, кроме того, пыль не гасит фронт УВВ [5].

На практике при тушении пожаров в горных выработках шахт при-

меняется, в основном, воздушно-механическая пена, образующаяся при механическом смешении воздуха, воды и поверхностно-активных веществ, создающая защитный слой, уменьшающий воздействие УВВ [6]. Пена легкая, обладает огромной проникающей способностью за счет отражения и обтекания волны, снижая ее скорость и давление.

В настоящее время в заслонах в качестве огнетушащего вещества применяются специальные порошковые составы. Они наиболее эффективны при автоматической локализации пожаров и взрывов, по сравнению с жидкими, обладают высокой огнетушащей способностью. Все порошковые огнетушащие вещества, как правило, обладают комбинированным действием. Тушение пламени порошками происходит вследствие:

- разбавления горючей среды газообразными продуктами разложения порошка или непосредственно порошковым облаком;
- охлаждения зоны горения в результате затрат тепла на нагрев частиц порошка;
- эффекта огнепреграждения, достигаемого при прохождении пламени через узкие каналы между частицами порошкового облака;
- ингибирования химических реакций вследствие гибели активных центров пламени на поверхности твердых частиц или в результате их взаимодействия с газообразными продуктами разложения порошков [7].

Недостатком порошков является то, что после прекращения огня пожар может возобновиться, так как порошок не способен охладить нагретые конструкции; слеживаемость порошков во влажной шахтной атмосфере, требующая введение в их состав специальных добавок (аэросил, тальк и т.п.).

К лучшим ингибиторным порошковым составам, применяемым в заслонах, имеющим взрывоподавляющую концентрацию от нескольких десятков граммов до 160 граммов на кубический метр взрывоопасной среды относятся порошковые составы типа ИСТО -1, ПВХ-1, ПСБ, П-2АП и т.д. [7,8].

На основании изложенного наиболее подходящими веществами для гашения фронта пламени и УВВ подходят пена и порошковые составы. Поэтому предлагаются следующие требования к взрывоподавляющим веществам:

- наличие в составе одного или двух компонентов, обладающих ингибирующими и охлаждающими свойствами;
- крупнодисперсность и легкоразрушаемость порошкового состава при взрывном распылении;
- взрывоподавляющая концентрация – не более 10 г/м³;
- способность коагулировать и осажать угольную и породную пы-

ли;

– способность легко переходить во взвешенное состояние после длительного пребывания во влажной атмосфере.

Создание и внедрение взрывоподавляющих веществ, удовлетворяющих этим требованиям, позволит повысить эффективность средств для локализации взрывов газо- и пылегазовых смесей.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ показал, что вещества, которыми снаряжаются заслоны, предназначены только для гашения фронта пламени при взрывах метана и угольной пыли. Следует отметить, что при взрывах поражающим фактором является и ударная воздушная волна, однако в действующих нормативных документах отсутствуют требования к веществам, способным гасить фронт ударной воздушной волны. Поэтому предлагается внести дополнения в упомянутые документы, регламентирующие требования к компонентному и физико-химическому составу веществ для гашения фронта ударной волны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 56690-2015 Оборудование горно-шахтное. Пассивные средства локализации взрывов. Сланцевый заслон. Общие технические условия, утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 ноября 2015 г. № 1708-ст. – Текст: электронный // URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/61081/?ysclid=m4lb6p08zs223238298> (дата обращения 25.04.2025).
2. ГОСТ Р ЕН 14591-2-2012 Горные выработки подземные. Системы взрывопредупреждения и взрывозащиты. Часть 2. Пассивные водяные заслоны. – Текст: электронный // URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/53871/?ysclid=m4lbbfxn4l335678917> (дата обращения 25.04.2025).
3. Безопасность работ и охрана труда в угольных шахтах / Ю.В. Кудинов, Н.В. Малеев, В.А. Безбородов, Т.Я. Мхатвари, под ред. д-ра техн. наук Ю.В. Кудинова и канд. техн. наук Т.Я. Мхатвари. – Донецк: ФЛП Муравецкий О.Н., 2021. – 256 с.
4. Хинслей Р.С. Конструкция заслонов с принудительным срабатыванием для подавления шахтных взрывов. – Текст непосредственный // Материалы 44 Международной конференции по исследованиям безопасности в шахтах: перевод с англ. – Москва, 1970. – 18 с.
5. Шевцов Н.Р. Экспериментальные данные по предотвращению

воспламенений метановоздушной смеси взрывом заряда ВВ / Н.Р. Шевцов // Сб. науч. тр. / ДонГТУ. Сер. горно-геологическая. – 2001. – Вып. 23. – С. 32-36.

6. Пикельный В.И. Использование пены для гашения ударной воздушной волны, пыли и газов при вторичном дроблении / В.И. Пикельный, М.Н. Шульга, В.М. Задара [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 1991. – № 4. – С. 8-10.

7. Краснянский М.Е. Порошковая пожаровзрывозащита. – Донецк: Общество книголюбов, 1994. – 152 с.

8. Заключение о возможности применения огнетушащего порошка ИСТО-1 для снаряжения автоматических систем взрывоподавления и локализации взрывов (АСВП-ЛВ) / утв. директором НЦ ВостНИИ А.В. Лебедевым. – г. Кемерово, 2006. – 3 с.

Получено: 06.05.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Кременев О.Г.

UDK 622.817

V.Y. DEREVYANSKY, senior research worker,

V.V. DENGА, head of the laboratory; GBU MAKNIИ, Makeyevka

REQUIREMENTS FOR EXPLOSION SUPPRESSANTS APPLIED IN GAS AND DUST EXPLOSION ISOLATION TOOLS IN COAL MINES

This paper presents the analysis of substances to be charged in barriers aimed at flame front extinguishment during methane and coal dust explosions. However, during the explosion the air shock front is another injurious effect which cannot be eliminated with the barriers being used. Moreover, the current reference documents do not include requirements for substances able to extinguish the air shock front. Thus it is suggested to expand the above mentioned documents regulating the requirements for component as well as physical and chemical composition of substances for shock front extinguishing.

Keywords: coal mine, explosion of gas and dust-gas mixture, isolation of explosions, stone-dust barrier, water barrier, requirements, explosion suppressants.

УДК 622.817

**В.Ю. ДЕРЕВЯНСКИЙ, ст. науч. сотр.,
В.В. ДЕНЬГА, зав. лаб.; ГБУ «МАКНИИ», г. Макеевка**

О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА МАССЫ ИНЕРТНОЙ ПЫЛИ И ВОДЫ ДЛЯ ШАХТНЫХ ПОЛОЧНЫХ ЗАСЛОНОВ

Выполнен анализ методики для расчета массы инертной пыли и воды в сланцевых и водяных полочных заслонах, локализирующих взрывы в угольных шахтах. Разработаны предложения по устранению недостатков терминологии, используемой в методике.

Ключевые слова: методика, терминология, взрыв пылегазовой смеси, локализация взрывов, водяной заслон, сланцевый заслон.

Как показывает практика, взрывы пылегазовых смесей в угольных шахтах приводят к многочисленным жертвам и значительному материальному ущербу. Для снижения тяжести последствий таких аварий в шахтах применяются средства локализации взрывов, наиболее распространенными из которых являются сланцевые и водяные полочные заслоны. Действие полочного заслона основано на том, что ударная воздушная волна, возникающая при взрыве, опрокидывает полки с инертной пылью или с сосудами, заполненными водой, и образующееся при этом облако распыленной инертной пыли или воды охлаждает и гасит пламя взрыва [1]. Эффективность заслонов зависит не только от их конструкции и правильно выбранных мест установки, но и от того, какими веществами они укомплектованы и их количества.

Цель статьи – анализ терминологии, используемой в методике для расчета массы инертной пыли и воды в шахтных полочных заслонах.

Согласно требованиям «Инструкции по аэрологической безопасности угольных шахт» [2] для локализации взрывов пылегазовых смесей необходимо:

- смонтировать сланцевый заслон длиной не менее 20 м из легкоопрокидываемых полок с инертной пылью (п. 737);
- рассчитать количество инертной пыли из расчета 400 кг на 1 м² сечения горной выработки в свету в месте установки сланцевого заслона (п.738);
- смонтировать водяной заслон длиной не менее 30 м под кровлей выработки с сосудами из пленочного материала (п. 751);

– заполнить сосуды водой, водными растворами или огнетушащими жидкостями, причем количество последних определяется из расчета 440 л на 1 м² поперечного сечения горной выработки в свету в месте установки водяного заслона (п.743).

Поскольку вода, водные растворы, огнетушащие жидкости и инертная пыль – это не штучные материалы, термин «количество» в пунктах 738 и 743 авторами предлагается заменить термином «масса». Кроме того, термин «сечение» следует заменить термином «площадь поперечного сечения...». Термин «не менее» 20 м для сланцевого и 30 м для водяного полочного заслонов не конкретен и, в принципе, означает любую длину, начиная от указанных значений. На практике так и происходит. Приведем пример.

11.03.2000 на шахте им. Н.П. Баракова Государственной холдинговой компании «Краснодонуголь» в результате взрыва угольной пыли травмировано 87 чел., в т.ч. 80 – смертельно. Авария произошла в 31-м западном штреке пл. k_5^H гор. 664 м на сопряжении с магистральным штреком. К аварии привело образование пылевоздушной смеси (ПВС) взрывоопасной концентрации и наличием угольной пыли, приведенной во взвешенное состояние кислородом, свободно вытекающим под высоким давлением из разгерметизированного кислородного баллона. Источником воспламенения ПВС явилось горение масла и корпуса редуктора кислородного баллона. В акте расследования было указано, что сработал сланцевый заслон, ориентировочная длина которого от 35 до 37 м, расположенный в 280 м от 31-го западного штрека, а в штреке сработал сланцевый заслон, ориентировочная длина которого от 35 до 36 м, находящийся в 80 м от сопряжения с центральным вентиляционным ходком. Инертная пыль распределилась по штреку на протяжении 40 м.

Поэтому, с точки зрения эффективности локализации взрыва, большое значение имеет, на каком протяжении горной выработки будет распылена рассчитанная в соответствии с п. 738 масса инертной пыли – на 20 м или на 37 м [2].

Перечисленные в п. 743 вода, водные растворы и огнетушащие жидкости обладают разной огнетушащей способностью, однако это не учитывается, и их масса в заслоне определяется одинаково – 440 л на 1 м² площади поперечного сечения горной выработки.

Анализируя [2], авторы пришли к выводу, что некорректно рассчитывать массу огнетушащих веществ для заслонов, не учитывая связи между площадью поперечного сечения горной выработки и длиной заслона.

За рубежом расчет массы инертной пыли для сланцевых полочных заслонов осуществляется с помощью того же подхода, только в разных

странах существуют различия в численных значениях. Так, в Великобритании для заслонов в основных выработках установлена норма 450 кг инертной пыли на один квадратный метр площади поперечного сечения горной выработки, для вспомогательных выработок – 80 кг/м²; в Германии: для основных выработок – 400 кг/м², для вспомогательных выработок – 100 кг/м² и т.д. [3].

Для устранения указанного недостатка методики предлагается расчет массы вещества, заполняющего заслон, проводить не для сечения выработки, а для объема того участка горной выработки, в котором создается непреодолимая для взрыва инертная «пробка». Необходимую массу вещества определяем:

$$m = S_{св} \cdot \ell \cdot C ,$$

где m – масса огнетушащего или взрывоподавляющего вещества в заслоне, кг;

$S_{св}$ – площадь поперечного сечения горной выработки в свету в месте установки заслона, м²;

ℓ – длина заслона, м;

C – минимальная концентрация огнетушащего или взрывоподавляющего вещества, при которой достигается гашение пламени или взрыва, кг/м³.

Для инертной пыли минимальная концентрация огнетушащего вещества $C = 0,788 \text{ кг/м}^3$ [4], аналогичный показатель для воды – $C = 0,5 \text{ л/м}^3$ [5].

Значения C получены экспериментальным путем [4]. С учетом того, что характеристики инертной пыли у разных производителей неодинаковы, можно предположить, что концентрация C инертной пыли другого производителя будет отличаться. Поэтому принимаем концентрацию инертной пыли $C = 1,0 \text{ кг/м}^3$.

Определим массы инертной пыли и воды в заслоне в соответствии с [2] и приведенным уравнением, и сравним полученные результаты. Для упрощения вычислений примем площадь поперечного сечения $S_{св}$ горной выработки в свету, равной 10 м².

Для полочного сланцевого заслона, заполненного инертной пылью:

– согласно [2]:

$$m = 400 \cdot S_{св} = 400 \cdot 10 = 4000 \text{ кг};$$

– согласно уравнению:

$$m = S_{св} \cdot \ell \cdot C = 10 \cdot 20 \cdot 1 = 200 \text{ кг.}$$

Для полочного водяного заслона:
– согласно [2]:

$$m = 440 \cdot S_{св} = 440 \cdot 10 = 4400 \text{ кг};$$

– согласно уравнению:

$$m = S_{св} \cdot \ell \cdot C = 10 \cdot 30 \cdot 0,5 = 150 \text{ кг.}$$

Таким образом, массы огнетушащих веществ, которыми должны заполняться полочные заслоны, для инертной пыли отличаются в 20 раз, для воды – почти в 30 раз.

Перегруз полочных заслонов приводит не только к нерациональным затратам финансовых средств на приобретение огнетушащих веществ, потерям рабочего времени на их доставку, заполнение, но также к тому, что утяжеленные, перегруженные заслоны при слабых взрывах не срабатывают.

Предложенный расчет требует экспериментальной проверки, и в случае получения положительных результатов использоваться для расчета массы веществ, заполняющих сланцевые и водяные полочные заслоны.

ВЫВОДЫ

Выявлены недостатки в терминологии, касающейся сланцевых и водяных заслонов, используемой в «Инструкции по аэрологической безопасности угольных шахт», и сформулированы предложения по их устранению. Выполнен анализ методики для расчета массы инертной пыли и воды в сланцевых и водяных полочных заслонах, используемых для локализации взрывов пылегазовых смесей в угольных шахтах. Установлены недостатки методики и разработаны предложения по их устранению, в том числе предложен расчет массы инертной пыли и воды в сланцевых и водяных полочных заслонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность работ и охрана труда в угольных шахтах / Ю.В. Кудинов, Н.В. Малеев, В.А. Безбородов, Т.Я. Мхатвари, под ред. д-ра техн. наук Ю.В. Кудинова и канд. техн. наук Т.Я. Мхатвари. – Донецк: ФЛП

Муравецкий О.Н., 2021. – 256 с.

2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по аэрологической безопасности угольных шахт» (в ред. Приказа Ростехнадзора от 08.06.2022 № 183), утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 8 декабря 2020 г. № 506. – Текст: электронный //URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Rostehnadzora-ot-08.12.2020-N-506/?ysclid=m4l3iiahflg995671693> (дата обращения 25.04.2025).

3. Атмосфера подземных горных выработок. – Текст: электронный //URL: <https://vunivere.ru/work9333/page15> (дата обращения 25.04.2025).

4. Шевцов Н.Р. Экспериментальные данные по предотвращению воспламенений метановоздушной смеси взрывом заряда ВВ / Н.Р. Шевцов // Сборник научных трудов / ДонГТУ. Серия горно-геологическая. – 2001. – Вып. 23. – С. 32-36.

5. Хинслей Р.С. Конструкция заслонов с принудительным срабатыванием для подавления шахтных взрывов. – Материалы 44 Международной конференции по исследованиям безопасности в шахтах: перевод с англ. – Москва, 1970. – 18 с.

Получено: 07.05.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Безбородов В.А.

UDK 622.817

V.Y. DEREVYANSKY, senior research worker,

V.V. DENGА, head of laboratory; GBU MAKNIИ, Makeyevka

METHODOLOGY OF CALCULATION OF THE MASS OF INEXPLOSIVE DUST OR WATER IN MINE SHELF BARRIERS

The analysis of the methodology for calculating the mass of explosive dust and water in stone-dust and water shelf barriers designed to isolate explosions in coal mines has been carried out. Proposals are formulated for correction of terminology used in this methodology.

Keywords: methodology, terminology, explosion of dust-gas mixture, explosion isolation, water barrier, stone-dust barrier.

УДК 622. 8:621.86.06

**О.Г. КРЕМЕНЕВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ГБУ «МАКНИИ»,
г. Макеевка**

О ТРАВМАТИЗМЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТРОПАЛЬНЫХ РАБОТ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДОНБАССА

Выполнен анализ аварийности и травматизма, установлены основные причины несчастных случаев и доля травматизма при выполнении стропальных работ на рабочих местах в подземных выработках и технологическом комплексе поверхности угольных шахт.

Ключевые слова: грузоподъемное оборудование, охрана труда, стропальные работы, травматизм, угольная шахта.

В угольных шахтах выполнение стропальных работ (РС), в основном, происходит при погрузочно-разгрузочных, такелажно-складских (ПРТС), монтажно-демонтажных работах и доставке грузов на промышленную площадку технологического комплекса поверхности (ТКП) и в условиях подземных выработок. Стropальные работы – это комплекс операций, связанных с захватом, подъемом, перемещением, погрузкой и разгрузкой монтажных элементов, технологических конструкций, оборудования и других грузов, перемещаемых грузоподъемными механизмами [1]. СР включают операции по вертикальному перемещению груза с помощью подъемно-транспортной техники, специальных вспомогательных приспособлений для производства погрузочно-разгрузочных работ (ПРР) [2].

Погрузочно-разгрузочные работы – это комплекс мер, направленных на поднятие разнообразных грузов с целью их погрузки или выгрузки как вручную, так и при помощи специализированной техники [3].

Анализ травматизма и требований охраны труда при выполнении СР на земной поверхности угольных шахт в процессе производства работ грузоподъемными машинами, нормативно-техническая документация и используемая литература, посвященные данному вопросу подробно представлены в учебном пособии [4].

Анализ аварий и произошедших с работниками угольных шахт несчастных случаев (НС), а также их типичных причин для разработки новых, уточнения и дополнения действующих требований по охране труда (ОТ) при выполнении СР в условиях шахт Донбасса – актуальная задача угольной отрасли.

Цель работы – анализ травматизма и аварийности при выполнении стропальных работ в подземных выработках угольных шахт Донбасса.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи.

1. Проведен анализ аварийности и травматизма при выполнении СР в подземных выработках и технологическом комплексе поверхности угольных шахт.

2. Установлены причины травматизма при выполнении СР в угольной шахте, вид и технология стропальных работ, выполняемых вручную и с применением подъемно-транспортного оборудования в подземных выработках.

Безопасность при производстве работ грузоподъемными машинами в значительной степени зависит от умелых и правильных действий стропальщика. Грузоподъемные машины являются техническими устройствами повышенной опасности, а производственные объекты, на которых установлены грузоподъемные машины, являются опасными производственными объектами в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. №116-ФЗ [5].

Профессия стропальщика является одной из самых травмоопасных. Исследования показали, что 60-80% НС происходит по вине стропальщиков, не выполнивших по тем или иным причинам требования правил ОТ и техники безопасности. Во многих случаях в процессе выполнения СР именно человек является источником опасности [4]. В шахте НС с тяжелыми последствиями (до 60%) происходят в результате неправильных, ошибочных, рискованных приемов работы и действий стропальщиков при выполнении ПРТС работ, обслуживании транспортных средств и пр., т. е. по личностным причинам. [6].

Основными причинами аварий при строповке грузов в процессе производства работ грузоподъемными машинами являются неисправности, разрушения отдельных деталей узлов металлоконструкций, приборов безопасности, механизмов вследствие некачественного их изготовления, монтажа, а также нарушения установленного режима их работы и несвоевременного или неудовлетворительного проведения технического обслуживания, диагностирования, технического освидетельствования, несоблюдения графиков планово-предупредительного ремонта, инструкций и правил безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин (кранов) [4].

Основными причинами травматизма при выполнении работ по строповке грузов являются: неправильная строповка груза; применение неисправных, несоответствующих по грузоподъемности и характеру груза гру-

зозахватных приспособлений; нарушение схем строповки грузов; несоблюдение технологических карт складирования грузов; нахождение людей в опасной зоне или под стрелой; нахождение людей в полувагоне, на платформе, в кузове автомашины при подъеме или опускании грузов; несоблюдение габаритов складирования грузов; допуск к обслуживанию крана в качестве стропальщиков необученных рабочих; нахождение людей в кабине автомашины при погрузке или разгрузке; нахождение людей вблизи стены, колонны, штабеля или оборудования во время подъема или опускания груза; несоблюдение мер безопасности при строповке груза и обслуживании крана вблизи линии электропередачи [4].

На практике очень часто появляется необходимость подъема и перемещения грузов вручную, без использования подъемно-транспортного оборудования. В подземных выработках такая практика имеет широкое применение: значительная часть работ по строповке грузов при их погрузке, разгрузке, складировании, монтаже, демонтаже, ремонте оборудования и доставке в конечный пункт выполняется вручную.

Ручной подъем и перемещение грузов в шахте занимает значительный объем при выполнении монтажно-демонтажных работ (МДР), грузов массового потребления, перечень которых включает: лесоматериалы (стойки, затяжки, доски, шпалы и др.); металлические крепы (стойки, верхняки, швеллеры, двутавры и т.д.); сыпучие материалы (щебень, глина, песок, цемент, инертная пыль, известь, балласт и др.); длинномерные материалы (рельсы, металлические трубы, детали крепления камер и др.); железобетонные изделия (затяжки, бетониты, шпалы, лотки); оборудование, в том числе узлы машин; жидкие горюче-смазочные материалы (эмульсии, масла и др.); прочие материалы (запчасти, канаты и др.) [7]. При этом наибольшее распространение в общешахтном грузопотоке вспомогательных грузов на шахтах Донбасса получили лесные материалы (от 73,5% до 84 % по объему, от 61,7% до 73,8 % по весу, 50,5 % по трудозатратам на доставку в пределах шахты); металлическая арочная крепь соответственно от 2,7% до 6,5%, от 5,5% до 6,3 % и 19,3 %; железобетонные изделия от 2,1% до 4,0 %, от 5,4% до 7,0 % и 7,9 % [8].

При выполнении МДР в подземных условиях требования по строповке грузов в процессе производства работ вручную регламентируются руководством [9], которое является временным, издано в 1986 г., и должно перерабатываться с учетом создания механизированных комплексов нового технического уровня, разработки и совершенствования новых способов и средств механизации, их монтажа и демонтажа. ПРТС работы классифицированы следующим образом [10]: 1. Автоматические; 2. Полуавтоматические; 3. Комплексно-механизированные (основная доля всех ПРТС); 4.

Не полностью механизированные (т.е. выполняемые частично машинами и вручную; 5. Выполняемые вручную. В подземных выработках основная доля всех работ, включающих строповочные операции, относится к видам не полностью механизированных (4) и выполняемых вручную (5).

Специфика травматизма и аварийности при выполнении СР в подземных выработках обусловлена ограниченным пространством и недостаточной освещенностью рабочего места, загазованностью, запыленностью, повышенной температурой и влажностью шахтного воздуха, производственным шумом и другими опасными факторами.

На основании актов расследования НС, произошедших в подземных выработках, проведен анализ, установивший основные причины травматизма при СР. Результаты анализа приведены в таблице.

Таблица

Причины травматизма при выполнении СР на рабочих местах
в подземных выработках

Причины травматизма при выполнении СР на угольных шахтах	Вид СР, выполняемых				Общая сумма видов СР шт.
	вруч- ную	с помощью			
		ГПО с руч- ным приво- дом	ГПО с меха- ническим приводом; частично механизиро- ванное	вспомо- гатель- ных приспо- сoble- ний	
1	2	3	4	5	6
Привлечение потерпевшего к СР не по его профессии	–	1	–	–	1
Нарушение технологии СР при подъеме и перемещении груза	15	2	3	12	32
Подъем вручную ножки метал- лической крепи весом более 50 кг одним человеком	2	–	–	–	2
Ручной волок ножки металло- арочной крепи длиной 4м из СВП-33 к месту складирования без строп	1	–	–	1	2
Обрыв троса лебедки РЛК при натягивании каната рычагом	–	1	–	1	2
6. Обрыв строповочной петли.	1	-	–	1	2
Личная неосторожность	15	1	–	-	16

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
Срыв обводного блока рабочего колеса выносной стрелы закладочной установки	–	–	1	1	2
Срыв фиксатора ручной лебедки ТОС-1 при подъеме вагонетки	–	1	–	1	2
Некачественная укладка рельсов на площадку при их погрузке	1	–	–	1	2
Удерживание рукой в горизонтальном положении выгружаемой направляющей балки из вагона	–	1	–	1	2
Нахождение в опасной зоне	2	2	–	1	5
Некачественная разработка проектной документации	1	–	–	–	1
Разрыв разрезного кольца крепления ручной тали	–	1	–	1	2
Не проведен инструктаж ГРП о безопасном выполнении работ с помощью ручной тали	–	1	–	–	2
Деформация соединительного кольца «гурам» ручной лебедки при нагрузке	–	1	–	–	2
Срыв рештака с крепления ручной тали	–	–	–	1	2
Опускание манипулятора буропогрузочной машины без предупредительного сигнала	–	–	1	1	2
Сумма видов СР в подземных выработках, шт.	38	13	5	25	81
Доля видов СР в подземных выработках от суммы видов СР в подземных выработках шахты, %	46,91	16,05	6,18	30,86	100,00

Примечание: ГПО – грузоподъемное оборудование

Анализ таблицы показал, что травматизм при СР, выполняемых:

- вручную, составляет 46,91%;
- с помощью ГПО с ручным приводом – 16,05% от суммы видов СР в подземных выработках шахты.

Суммарный травматизм при СР, выполняемых вручную и с применением ГПО с ручным приводом составляет 62,96%.

Травматизм при СР, выполняемых с помощью ГПО с механическим и частично механическим приводом составляет 6,18% от суммы видов СР в подземных выработках шахты.

Травматизм при СР вследствие неисправности, дефектов или неприменения вспомогательных приспособлений составляет 30,86% от суммы видов СР в подземных выработках шахты.

ВЫВОДЫ

В условиях подземных горных выработок 62,96% стропальных работ выполняются вручную. Доля работ, выполняемых с применением грузоподъемного оборудования с ручным приводом, составляет 16,05%, а доля частично механизированных работ 8,79%. Грузоподъемное оборудование, в основном, имеет ручной привод. Травматизм при выполнении стропальных работ, вследствие неисправности, дефектов или неприменения вспомогательных приспособлений, составляет 30,86% от всех видов стропальных работ, выполняемых в подземных горных выработках. Наиболее частыми причинами несчастных случаев при выполнении стропальных работ в горных выработках являются: личная неосторожность – 19,75%, нарушение технологии при подъеме и перемещении груза – 18,52% от всех несчастных случаев, присутствие человека в опасной зоне при перемещении груза – 6,17% от всех несчастных случаев при стропальных работах в горных выработках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стropальные работы. Виды перевозимых грузов и применяемая тара. Виды грузозахватных устройств. – Текст: электронный // ВУнивере.ру: [сайт]. 2025. – URL: <https://vunivere.ru/work30586> (дата обращения 10.03.2025).
2. Стropальные работы. Словарь. – Текст: электронный // Такелажно-транспортная компания «Дрогаль»: [сайт]. 2016. – URL: <https://drogal.ru/glavnaya/o-nas/> (дата обращения 10.03.2025).
3. Виды и характеристики ПРТС работ. – Текст: электронный// Файловый архив студентов. ОПТСС-Лекция 01.doc: [сайт]. – 2015. – URL: <https://studfile.net/preview/1864662/page:4/> (дата обращения 25.02.2025).
4. Безопасность труда: учебное пособие для стропальщиков по безопасному производству работ грузоподъемными машинами / Л.В. Оксанич. – Текст: электронный // Государственное автономное образовательное учреждение среднего профессионального образования Ишимбайский

нефтяной колледж. Ассоциация эффективного управления производственными активами (Ассоциация ЕАМ): [сайт]. – 2012-2024. – URL: <https://eam.su/bezopasnost-truda.html> (дата обращения 24.12.2024).

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

6. Основные опасности, связанные с работой транспорта в шахте. Текст: электронный // lektsia.com: [сайт]. – 2007 - 2025 год – URL: <https://lektsia.com/2x47b8.html?ysclid=m7ugfkh0qb391699523> (дата обращения 04.03.2025).

7. Технологические схемы транспорта вспомогательных материалов в шахту: Альбом. – Москва: Центрогипрошахт, 1983. – 98 с.

8. Методические рекомендации по проектированию пакетно-контейнерной доставки грузов в шахты. – Текст: электронный // Информационная система «Ёшкин кот»: [сайт]. – 2013. – URL: <http://gost.gtsever.ru/Index2/1/4293739/4293739614.htm?ysclid=m7agyx1ehf945884644> (дата обращения 18.02.2025)].

9. Руководство по безопасному производству монтажно-демонтажных работ механизированных комплексов. – Ворошиловград: Облполиграфиздат, 1986, 68 стр. – Текст: электронный // МЕГАНОРМ. Система нормативных документов: [сайт]. – 2014-2025. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293732/4293732273.pdf> (дата обращения 04.02.2025)

10. Виды и характеристики ПРТС работ. – Текст: электронный // Файловый архив студентов. ОПТСС-Лекция 01.doc: [сайт]. – 2015. – URL: <https://studfile.net/preview/1864662/page:4/> (дата обращения 25.02.2025).

Получено: 02.04.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Безбородов В.А.

UDC 622. 8:621.86.06

O.G. KREMENEV, Ph. D. Eng., senior research worker, GBU MAKNI, Makeyevka

THE PROBLEM OF INJURIES DURING SLINGING OPERATIONS IN UNDERGROUND WORKINGS OF COAL MINES OF DONBAS

The analysis of accidents and injuries has been carried out. The main causes of accidents and the injury rate during slinging at workplaces in under-

ground workings and in technological complex of the surface of coal mines have been established.

Keywords: lifting equipment, labour protection, slinging operations, injury rate, coal mine.

УДК 622.8:621.86.06

В.Ю. ДЕРЕВЯНСКИЙ, *ст. науч. сотр.*,
И.Ю. ГОЛИК, *мл. науч. сотр.*; ГБУ «МАКНИИ»,
Р.Г. САФИН; *г. Макеевка*

О ТРЕБОВАНИЯХ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТРОПАЛЬНЫХ РАБОТ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ «ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ШАХТ»

На основе анализа действующих нормативных документов разработаны требования охраны труда на предприятиях угольной промышленности, обеспечивающие повышение безопасности стропальных работ.

Ключевые слова: анализ, инструкция, требования, охрана труда, несчастный случай, работник, стропальные работы.

Важным направлением решения проблемы предотвращения несчастных случаев и травматизма в угольной промышленности является совершенствование нормативной базы охраны труда (ОТ). Основным документом для рабочих – инструкции по ОТ, разработка которых регламентируется «Основными требованиями к порядку разработки и содержанию правил и инструкций по охране труда, разрабатываемых работодателем» [1]. В настоящее время МАКНИИ осуществляет разработку требований ОТ при выполнении стропальных работ для использования в ГУП ДНР «ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ШАХТ» при разработке соответствующей инструкции по ОТ.

Цель работы – разработка требований охраны труда при выполнении стропальных работ на предприятиях угольной промышленности.

В результате проведенного анализа причин несчастных случаев, произошедших при выполнении стропальных работ и действующих нормативных правовых актов [2-7], разработаны следующие требования ОТ.

К выполнению стропальных работ допускаются лица мужского пола не моложе 18 лет, прошедшие обязательный медицинский осмотр, обучение, инструктажи по ОТ и пожарной безопасности.

При изменении условий труда или переходе на другой участок с работниками, выполняющими стропальные работы, до начала работ должен быть проведен инструктаж по ОТ.

Работники, выполняющие стропальные работы, бесплатно обеспечи-

ваются средствами индивидуальной защиты. Схемы строповки выдаются работникам, выполняющим стропальные работы, или вывешиваются в местах производства погрузочно-разгрузочных работ. Производство стропальных работ разрешается, если оборудование, приспособления и инструмент находятся в безопасном состоянии.

Все работники до начала производства работ должны быть ознакомлены с утвержденной технической документацией под подпись.

Освещенность рабочих мест при выполнении стропальных работ в темное время суток должна соответствовать требованиям санитарных норм и правил.

В зимний период грузы, предназначенные для перемещения, должны защищаться от смерзания или обледенения.

При производстве СР запрещается выполнять работы:

- без утвержденной технической документации и при наличии неисправностей грузоподъемных устройств, оборудования, грузозахватных приспособлений, инструмента и т.д.;

- в отсутствии лица, ответственного за безопасное производство работ с применением грузоподъемного устройства, передвигаться и находиться в опасной зоне перемещения груза;

- работникам, не аттестованным в качестве стропальщиков.

Работники, выполняющие СР, должны принимать меры по предотвращению возможной аварии или НС. Подобрать необходимые для работы грузозахватные приспособления в соответствии с массой и размерами перемещаемого груза, числом ветвей грузозахватного приспособления и углом их наклона к вертикали. Прежде чем использовать в работе оборудование и инструмент, необходимо убедиться в их исправности, при работе с электрооборудованием – в наличии защитного заземления. При обнаружении неисправности грузозахватных приспособлений, они должны быть изъяты и переданы для замены или ремонта.

Безопасность при выполнении погрузочно-разгрузочных работ и размещении груза в таре обеспечивается содержанием тары в исправном состоянии и правильным ее использованием.

Перед выполнением СР осуществляется подготовка рабочих мест:

- освобождают от посторонних предметов, ликвидируют ямы, рытвины, при необходимости посыпают противоскользящими средствами погрузочно-разгрузочную площадку, проходы и проезды;

- обеспечивают исправное состояние подъемников, люков, трапов в складских помещениях, расположенных в подвалах и полуподвалах;

- проводят осмотр рабочих мест;

- исключают возможность падения, опрокидывания или сползания

груза;

- обеспечивают удобное извлечение стропов;
- обеспечивают освещение рабочих мест.

О выявленных перед началом производства работ недостатках и неисправностях необходимо сообщить непосредственному руководителю работ.

Ответственный за безопасное перемещение грузов грузоподъемными устройствами должен проверить место предстоящих работ, габариты и места складирования грузов, подъездные пути, ограждения, наличие проходов, и убедиться в отсутствии людей, не занятых в выполнении работ, в границах зоны работы грузоподъемного устройства (мест складирования грузов).

Работники, выполняющие СР, обязаны:

- следить за безопасным состоянием рабочего места в течение всей смены;
- выполнять работы в соответствии с требованиями технической и эксплуатационной документации, нормативных правовых актов [2-7] и других действующих документов по ОТ;
- эксплуатировать оборудование и устройства в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации;
- прекратить эксплуатацию оборудования при выявлении его неисправности, сообщить об этом руководителю и возобновить работу после устранения неисправности.

При обвязке и зацепке груза необходимо соблюдать следующие требования:

- производить обвязку грузов следует в соответствии со схемами строповки грузов. Стropовку грузов, на которые не разработаны схемы их строповки, следует осуществлять под непосредственным руководством лица, ответственного за безопасное производство работ; строповку длиннономерных грузов производят не менее чем в двух местах;
- проверить массу груза, предназначенного к перемещению по списку грузов или по маркировке на грузе. В случае отсутствия данных о массе и центре тяжести груза, его перемещение осуществляют под руководством лица, ответственного за безопасность работ;
- накладывать канаты и цепи при обвязке груза без узлов, перекручивания и петель;
- применять специальные приспособления, предотвращающие повреждение грузозахватных устройств режущими кромками;
- зацепку железобетонных и бетонных изделий производят за предусмотренные для подъема рамы, петли и т.д.;

- убедиться, что предназначенный к подъему груз закреплен, не защемлен, не завален и т.д.;
- обеспечить вертикальное положение канатов перед подъемом груза.

Сыпучие и мелкоштучные грузы должны перемещаться только в специально предназначенной для этого таре, заполненной не более установленной нормы.

Грузы на транспортных средствах крепятся так, чтобы во время транспортировки не происходило их смещение и падение, обеспечивалась возможность удобной и безопасной строповки при погрузке и разгрузке.

При транспортировке груз размещается на транспортном средстве так, чтобы он не подвергал опасности водителя и окружающих, не ограничивал водителю обзор, не нарушал устойчивость транспортного средства, не закрывал световые и сигнальные приборы, номерные знаки и регистрационные номера транспортного средства, не препятствовал восприятию сигналов, подаваемых рукой.

При обвязке и зацепке грузов запрещается:

- строповка груза, масса которого неизвестна или превышает допустимую для данного грузоподъемного устройства;
- пользоваться поврежденными или немаркированными съемными грузозахватными приспособлениями и тарой;
- соединять звенья разорванных цепей болтами или проволокой, связывать канаты;
- использовать приспособления, не предусмотренные схемами строповки;
- подъем бетонных и железобетонных изделий, не имеющих маркировки, и имеющих поврежденные петли.

Перед подъемом и перемещением груза проверяют устойчивость груза и правильность его строповки.

Перед подачей сигнала о подъеме груза необходимо убедиться о том, что:

- груз надежно закреплен. Перед подъемом труб – исключить наличие в них земли, льда или других предметов, которые могут выпасть;
- отсутствуют посторонние люди возле груза.

Допускается нахождение стропальщика возле груза во время его подъема или опускания, если груз поднят на высоту не более 1,0 м над площадкой или сбоку от кантуемого груза на расстоянии, равном высоте груза плюс 1,0 м.

При подъеме и перемещении груза необходимо соблюдать следующие требования:

– предварительно подать сигнал на подъем груза на высоту 0,2-0,3 м от уровня площадки, проверить правильность строповки, равномерность натяжения стропов, устойчивость погрузочного устройства и надежность действия тормоза, и затем подать сигнал на дальнейший подъем и перемещение груза. Для исправления строповки груз должен быть опущен;

– при горизонтальном перемещении груза следует убедиться, что груз поднят на высоту не менее чем на 0,5 м выше встречающихся на пути препятствий;

– для предотвращения самопроизвольного разворота длинномерных и крупногабаритных грузов необходимо применять специальные оттяжки;

– при перемещении груза необходимо следить, чтобы в опасной зоне не находились люди, а в случае их появления – немедленно прекратить перемещение груза;

После опускания груза необходимо:

– снять стропы с крюка или груза после его установки;

– осуществлять укладку и снятие груза с транспортного средства, не нарушая его равновесия.

Не допускается:

– присутствие работников в опасной зоне грузоподъемного устройства, в кузове или кабине транспортного средства;

– подъем и перемещение груза, закрепленного за один рог двурогого крюка;

– доставка груза крюком грузоподъемного устройства при наклонном положении грузовых канатов;

– отклонение груза во время его подъема, перемещения и опускания, кроме длинномерных и крупногабаритных грузов, для разворота которых применяются специальные устройства;

– выравнивание перемещаемого груза руками, а также изменение положения стропов на подвешенном грузе;

– установка груза на временные перекрытия, трубы, кабели и другие места, не предназначенные для этого.

Использование разработанных требований охраны труда в «Инструкции по охране труда при выполнении стропальных работ» позволит повысить безопасность стропальных работ на предприятиях ГУП ДНР «ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ШАХТ».

ВЫВОДЫ

Разработаны требования охраны труда при выполнении стропальных работ. Требования предназначены для использования при составлении со-

ответствующей инструкции по охране труда для предприятий, входящих в состав ГУП ДНР «ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ШАХТ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные требования к порядку разработки и содержанию правил и инструкций по охране труда, разрабатываемых работодателем [утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 29.10.2021 № 772н, зарегистрированы в Минюсте России 26.11.2021 № 66015] – Текст электронный // <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/2183?ysclid=lvapb3fw2a880785307> (дата обращения 15.05.2025).

2. Правил безопасности в угольных шахтах работодателем [утверждены приказом Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 8 декабря 2020 г. № 507, зарегистрировано в Минюсте России 18 декабря 2020 г. № 61587] – Текст электронный // https://vgsch.organizations.mchs.gov.ru/uploads/resource/2024-02-21/normativnaya-dokumentaciya_17085208501561625600.pdf (дата обращения 15.05.2025).

3. Правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов [утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28 октября 2020 г. № 753н, зарегистрировано в Минюсте России 15 декабря 2020 г. № 61471] – Текст <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentid=408516#10> (дата обращения 15.05.2025).

4. Правила по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями [утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 27 ноября 2020 г. № 835н, зарегистрировано в Минюсте России 11 декабря 2020 г. № 61411] – Текст электронный // <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=378642&ysclid=map5h7ug8115019845> (дата обращения 15.05.2025).

5. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения [утверждены приказом Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 ноября 2020 г. № 461, зарегистрировано в Минюсте России 30 декабря 2020 г. № 61983] – Текст электронный <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=475870&ysclid=map5ly1n93731253679> (дата обращения 15.05.2025).

6. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок

[утверждены приказом Министерством труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н, зарегистрировано в Минюсте России 30 декабря 2020 г. № 61957] – Текст электронный <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=430799&ysclid=map5qivg5o131837221> (дата обращения 15.05.2025).

7. Правила противопожарного режима в Российской Федерации [утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479] – Текст <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=465570&ysclid=ma0p44qb82238958041> (дата обращения 15.05.2025).

Получено: 15.05.25

РекомендоваЛ к публикации канд. техн. наук Кременев О.Г.

UDC 622.8:621.86.06

**V.Y. DEREVYANSKY, senior research worker,
I.Y. GOLIK, junior research worker; GBU MAKNI;
R.G. SAFIN; Makeyevka**

LABOUR PROTECTION REQUIREMENTS DURING SLINGING OPERATIONS AT THE COMPANIES OF STATE UNITARY ENTERPRISE CENTRAL BOARD FOR MINE RE-ENGINEERING

On the basis of analysis of current reference documents the labour protection requirements have been developed for ensuring the safety improving of slinging operations at the companies of state unitary enterprise of the Donetsk People's Republic CENTRAL BOARD FOR MINE RE-ENGINEERING.

Keywords: analysis, regulations, requirements, labour protection, accident, worker, slinging operations.

УДК 622. 8:621.86.06

О.Г. КРЕМЕНЕВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ГБУ «МАКНИИ»,
Р.Г. САФИН,
Л.И. ЯМНЮК, инж.; ГБУ «МАКНИИ»; г. Макеевка

О ПРИЧИНАХ АВАРИЙ И ТРАВМАТИЗМА ПРИ ХРАНЕНИИ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЛЛОНОВ СО СЖАТЫМИ И СЖИЖЕННЫМИ ГАЗАМИ НА ШАХТАХ

Выполнен анализ аварийности и травматизма при хранении, транспортировке и эксплуатации баллонов со сжатыми и сжиженными газами на угольных шахтах Донбасса и предприятиях стран СНГ. Установлены основные причины аварий и несчастных случаев при выполнении данного вида работ, что способствует разработке требований охраны труда для такого вида работ.

Ключевые слова: авария, баллон, газ, давление, охрана труда, травматизм, требования, охрана труда, угольная шахта.

В соответствии с изменениями в законодательстве РФ, требования к охране труда (ОТ), необходимо разрабатывать как для профессий работников, так для видов работ. Работы по хранению, транспортировке и эксплуатации баллонов со сжатыми и сжиженными газами на предприятиях, могут выполнять работники, профессии которых содержат необходимые характеристики работ и знаний, регламентированных ЕТКС [1]. В настоящее время требования ОТ для вида работ «хранение, транспортировка и эксплуатации баллонов со сжатыми и сжиженными газами», разработанные в соответствии с [2], отсутствуют. Поэтому для разработки новых, уточнения и дополнения существующих отдельных требований к ОТ для данного вида работ в условиях шахт Донбасса – актуальная задача.

Цель работы – анализ травматизма и аварийности при выполнении работ по хранению, транспортировке и эксплуатации баллонов со сжатыми и сжиженными газами на угольных шахтах.

Для достижения поставленной цели проанализированы причины аварий при выполнении работ по хранению, транспортировке и эксплуатации баллонов со сжатыми и сжиженными газами, приводящие к несчастным случаям (НС), в т.ч. групповым. Исследования аварийности и травматизма показали, что НС нередко обусловлены транспортировкой баллонов с горючими газами в кузовах грузовых автомобилей, фургонах и автобусах и

одновременной перевозкой людей. Так, известен НС, произошедший во время движения грузового автомобиля ГАЗ-5201, в кузове которого вместе с работниками перевозились баллоны с кислородом, пропаном и газом МАФ. Вследствие утечки газа и последующего воспламенения газозо-воздушной смеси произошел объемный взрыв. В результате НС погибли два человека.

Аналогичный НС произошел при перевозке работников концерна «Белтопгаз» грузовым автомобилем типа «Фургон» ВМ-2001. Произошла разгерметизация 50-литрового баллона со сжиженным горючим газом. В результате воспламенения газозо-воздушной смеси от внешнего источника зажигания термические ожоги различной степени получили три человека.

Также известен случай воспламенения газозо-воздушной смеси, произошедший при перевозке автобусом работников дорожно-строительного треста. Вследствие разгерметизации баллона с пропаном произошло возгорание салона с последующим взрывом баллона. Источник воспламенения газозо-воздушной смеси – самодельная печка для обогрева салона. Баллон с пропаном находился на полу салона автобуса без специального контейнера или крепления баллона в вертикальном положении на расстоянии 1,5 м от источника тепла с открытым огнем. Газовый баллон не имел заглушки на боковом штуцере и защитного колпака. В результате НС ожоги различной степени получили три человека, один из них от полученных травм скончался в больнице [3].

Анализ причин НС, произошедших при транспортировке баллонов с горючими газами, указывает на нарушения должностными лицами и работниками организаций Правил перевозки опасных грузов автомобильным транспортом, Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, а также других нормативных правовых актов [3]. К сосудам, работающим под давлением, относятся: баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных под давлением газов, кислородные станции, варочные котлы, компрессоры, цистерны для перевозки сжиженных газов, автоклавы, воздухохоборники, гидролизные аппараты и др. оборудование [4].

Анализ причин аварий сосудов – баллонов для сжатых и сжиженных газов относительно редки, но их взрывы обычно вызывают большие разрушения и травматизм людей. Основные причины этих аварий – низкое качество изготовления баллонов, заполнение их сжиженными газами сверх установленных норм, нарушение правил безопасности при хранении и транспортировке баллонов. Баллоны с истекшим сроком годности часто используют в качестве конструкционного металла. Например, из баллонов сваривали металлическую опору. Во время резки очередного баллона, ока-

завшегося под давлением, произошел взрыв, вызвавший тяжелые последствия. В другом случае взрыв произошел при обработке баллона на токарном станке. Иногда баллоны взрываются при подготовке их к сдаче в металлолом во время газовой резки. Аварии пропан–бутановых баллонов происходят вследствие дефектов сварных швов или неисправных вентилях, в результате чего возникают утечки газа с образованием взрывоопасной газо-воздушной смеси.

Известны аварии, произошедшие в результате окисления масла, попавшего внутрь кислородного баллона, или значительного повышения температуры окружающей среды. Кроме того, баллоны очень чувствительны к механическим ударам. Так, например, при переносе баллона двумя рабочими его уронили, в результате чего он взорвался. В другом случае, снимая колпак, газорезчик воспользовался молотком, от ударов которого колпак взорвался, травмируя осколками газорезчика.

В летнее время баллоны должны храниться под навесом, так как при повышении температуры газа на два градуса, давление возрастает примерно на 1 атм.

Аммиачные баллоны взрываются вследствие переполнения или повышения температуры выше +35 °С. Опасная зона при взрыве может достигать в радиусе от 70 до 100 метров. Профилактика аварий и взрывов баллонов включает учет полученных баллонов, назначение ответственных из числа аттестованных лиц, профилактические осмотры, отбраковку, соответствующую окраску [3].

Причинами взрыва баллонов, наполненных газом, могут быть: нагрев баллона; неисправность винтовой нарезки горловины баллона или самого вентиля, в результате чего происходит быстрая утечка газа из баллона; освобожденный газ в смеси с воздухом при наличии источника воспламенения; падение баллона с большой высоты или удар твердым предметом; повышение хрупкости металла при низких температурах; попадание масел и других жировых веществ во внутреннюю полость вентиля кислородного баллона или при применении не обезжиренных прокладок; переполнение баллонов сжиженными газами; нарушение режима эксплуатации [5].

Анализ аварийности и травматизма при эксплуатации опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением, показал, что за период 2016-2020 г.г. произошли 23 аварии и 15 НС со смертельным исходом. При этом чаще всего пострадавшими становятся работники, обслуживающие оборудование – 52% от общего числа пострадавших; 34 % пострадавших составляют третьи лица; 10% – инженерно-технические работники, 4% – работники, не связанные с производством, а распределение травмирующих факторов

следующее: 60% – термический ожог; 20% – механическое воздействие; 16% – воздействие взрывной волны; 4% – удушье [6].

Аварии, произошедшие при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением, распределяются таким образом: трубопроводы пара и горячей воды – 52%; сосуды, работающие под давлением – 35%; паровые и водогрейные котлы – 13% [6]. Анализ причин аварий и НС показывает, что трубопроводы пара и горячей воды, являются наиболее аварийноопасным видом оборудования, так как более 50% от общего количества аварий, зарегистрированных за последние 5 лет, произошли при эксплуатации этих трубопроводов [6]. Распределение основных причин аварий и НС, произошедших за 5-летний период, следующее: 52% – низкое качество обслуживания, освидетельствования, диагностирования и экспертизы промышленной безопасности оборудования; 15% – эксплуатационные дефекты оборудования; 12% – эксплуатация оборудования с истекшим сроком службы; 9% – низкое качество ремонта оборудования; 9% – нарушения трудовой и производственной дисциплины; 3% – заводские дефекты оборудования [6].

Анализ причин аварий и травматизма при хранении, транспортировке и эксплуатации баллонов со сжатыми и сжиженными газами на поверхности и в подземных условиях угольных шахт, в т.ч. закрывающихся и гидрозащитных шахт Донбасса, выполнен на основании имеющихся в МАКНИИ актов расследования аварий и НС, произошедших на производстве (акты формы Н-1). Результаты анализа приведены в таблице.

Таблица

Основные причины аварий и НС при хранении, транспортировке и эксплуатации баллонов со сжатыми и сжиженными газами

Опасное событие, приведшее к аварии, несчастному случаю	Обстоятельства и причины аварии, несчастного случая
1	2
Наполнение кислородных баллонов газообразным кислородом в здании кислородного наполнительного центра	В процессе наполнения кислородных баллонов газообразным кислородом в здании произошел взрыв одного из двадцати баллонов. В результате взрыва полностью разрушено здание, один из работников получил травмы, несовместимые с жизнью. Причины аварии и НС: – воспламенение масла, находившегося внутри наполняемого кислородом баллона; – заправка баллона кислородом без предварительной его проверки на

Продолжение таблицы

1	2
	наличие в нем примесей горючих газов; – неудовлетворительный производственный контроль соблюдения требований промышленной безопасности при эксплуатации оборудования повышенной опасности; – неукomплектованность штата кислородного пункта обученным и аттестованным персоналом.
Транспортировка баллона с горючим газом автомобилем типа «Фургон» ВМ -2001 ГАЗ-66, автобусом	При транспортировке грузовым автомобилем 50 литрового баллона с горючим газом (бутан-пропан), произошла его разгерметизация, и воспламенение газовойоздушной смеси от внешнего источника зажигания. Термические ожоги различной степени получили люди, находившиеся в авто. Причины аварии и группового НС: – газовый баллон не имел защитного колпака и заглушки на боковом штуцере; – транспортное средство не было оборудовано деревянными ложементами или другими средствами, обеспечивающими устойчивое положение баллонов в салоне автомобиля; – находившиеся в салоне автомобиля рабочие курили, не соблюдали требования правил безопасной перевозки баллонов с горючими газами.
Транспортировка баллонов с кислородом, горючим газом в кузове автомобиля	При транспортировке баллонов с кислородом и пропаном в кузове автомобиля вследствие утечки газа и воспламенения газовойоздушной смеси произошел объемный взрыв. Погибли люди, находящиеся в кузове, и разрушился автомобиль. Причины аварии и НС: – отсутствие заглушки на боковом штуцере баллона с пропаном и защитного колпака; – наличие в кузове баллона с кислородом; – перевозка людей совместно с баллонами, наполненными кислородом и горючим газом.
Переноска баллона с кислородом по территории предприятия	Двое рабочих несли кислородный баллон к месту ведения керосино-резных работ и уронили его. Баллон ударился о рельс и взорвался. Рабочие были травмированы. Причина НС – нарушение правил транспортировки кислородных баллонов по территории предприятия.
Подготовка кислородного баллона к выполнению газорезных работ	Газорезчик, чтобы снять колпак с кислородного баллона, ударял по нему молотком. От удара взорвался кислород, скопившийся под колпаком, травмировав при этом газорезчика. Причины аварии и НС: – отсутствие стандартных отверстий в колпаке баллона для его снятия и выпуска возможных утечек кислорода;

Окончание таблицы

1	2
	– неплотно закрыт вентиль баллона, вследствие чего под колпаком скопился кислород; – использование ударного инструмента.
Хранение кислородных баллонов после выполнения керосинорезных работ	После окончания рабочей смены работники, выполнявшие газорезные работы, оставили баллон с кислородом у рабочего места, накрыв его кастроволокнистыми плитами и ушли. Рабочие следующей смены в непосредственной близости от баллона развели костер, который воспламенил эти плиты. Под действием открытого огня резко возросло давление в баллоне, он взорвался и травмировал работников. Причины НС: – на стройплощадке отсутствовало место для хранения баллонов;
	– не назначен ответственный за безопасное хранение и использование баллонов; – не разработана инструкция по эксплуатации и хранению баллонов с кислородом; – рабочие, выполнявшие газорезные работы, не ознакомлены с правилами эксплуатации и хранения баллонов с кислородом; к их обслуживанию допускались необученные рабочие.
Эксплуатация баллонов с хлором	При установке баллона для раздачи хлора в систему хлорирования шахтной воды произошла разгерметизация баллона и выброс около 700 кг хлора. Погибли, пострадали и оказались в зоне заражения люди. Причины аварии и группового НС: – физический износ оборудования, подающего хлор в систему обеззараживания шахтной воды; – повреждения и дефекты в конструкции здания хлораторной вследствие его длительного срока эксплуатации без капитального ремонта, в результате чего увеличилась зона поражения выброшенным хлором.

ВЫВОДЫ

Выполнен анализ причин аварий и травматизма при хранении, транспортировке и эксплуатации баллонов со сжатыми и сжиженными газами на предприятиях стран СНГ, а также на угольных шахтах Донбасса, в т.ч. закрывающихся и гидрозащитных, что поможет разработать требования охраны труда для данного вида работ в соответствии с изменениями законодательства РФ по охране труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Классификатор-справочник ЕТКС, все выпуски по всем профессиям //Ассистентус: [сайт]. – 2016 – 2025. – URL: <https://assistentus.ru/etks/?ysclid=mbf12rjakk725341765> (дата обращения 02.06.2025).

2 Основные требования к порядку разработки и содержанию правил и инструкций по охране труда, разрабатываемых работодателем. Утв.: приказом Минтруда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. № 772н // Контур.Норматив: [сайт]. – 2020. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=407545> (дата обращения 17.06.2024).

3 Ситько А.Н. О несчастных случаях при транспортировке баллонов с горючими газами. / А.Н. Ситько // Охрана труда в Беларуси [сайт]. – 2011. – URL: <https://otb.by/news/2652-o-neschastnyh-sluchayah-pri-transportirovke-ballonov-s-goryuchimi-gazami> (дата обращения 17.06.2025).

4 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» [Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ от 15.12.2020 № 536] // ГАРАНТ.РУ: [сайт]. – 2014. – URL: https://souzgaz.ru/upload/Pravila_promyshlennoj_bezopasnosti_pri_ispolzovanii_oborudovaniya_rabotajushhego_pod_izbytochnym_davleniem.pdf/ (дата обращения 08.04.2025).

5 Причины аварий и их профилактика при эксплуатации баллонов для сжатых и сжиженных газов // Studfiles [сайт]. – 2015. – URL: <https://studfile.net/preview/3851229/page:49/> (дата обращения 08.04.2025).

6 Состояние аварийности и травматизма при эксплуатации опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением за период 2016-2020 гг. // РосТепло [сайт]. – 2003. – URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4235/ (дата обращения 08.04.2025).

Получено: 03.06.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Безбородов В.А.

UDC 622. 8:621.86.06

O.G. KREMENEV, *candidate of technical sciences, art. sci. sotr., GBU MAKNI*,

R.G. SAFIN,

L.I. YAMNYUK, *eng.; GBU MAKNI, Makeyevka*

**ON THE CAUSES OF ACCIDENTS AND INJURIES DURING
STORAGE, TRANSPORTATION AND OPERATION OF CYLINDERS
WITH COMPRESSED AND LIQUEFIED GASES IN THE MINES**

The analysis of accidents and injuries during storage, transportation and operation of cylinders with compressed and liquefied gases at coal mines of Donbass and enterprises of the CIS countries is carried out. The main causes of accidents and accidents during this type of work have been identified, which contributes to the development of occupational safety requirements for this type of wor.

Keywords: accident, cylinder, gas, pressure, occupational safety, injury, requirements, occupational safety, coal mine.

УДК 622.864:621.86.06

В.Ю. ДЕРЕВЯНСКИЙ, *ст. науч. сотр.*,
В.В. ЗУШИНСКАЯ, *инженер ; ГБУ «МАКНИИ», г. Макеевка*

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИЧИН НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЕЕ АПРОБАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ ТРАВМАТИЗМА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТРОПАЛЬНЫХ РАБОТ

Разработана классификация, позволяющая более детально установить причины произошедших несчастных случаев. Проведена ее апробация на примере травматизма при выполнении стропальных работ.

Ключевые слова: несчастный случай, классификация, причины, стропальщик, стропальные работы, травматизм, схема, анализ.

Основным документом, регламентирующим требования охраны труда (ОТ) работника, является инструкция по ОТ. В настоящее время МАКНИИ осуществляет разработку требований ОТ при выполнении стропальных работ для использования в ГУП ДНР «Главное управление реструктуризации шахт» (ГУП ДНР «ГУРШ») при составлении соответствующей инструкции по ОТ. Согласно [1], при разработке указанных требований необходимо проанализировать акты расследования произошедших несчастных случаев (НС).

В соответствии с Классификатором несчастных случаев на производстве (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 20.04.2022 года №223н) [2], НС классифицируются по видам и типам, причинам возникновения, тяжести, времени происшествия, классу условий труда, стажу работы пострадавшего и т.д.

Известна классификация, разработанная польским автором Л. Петшаком, содержащая следующие причины травматизма [3]:

- организационные;
- технические;
- человеческие.

В одной из отечественных работ приведена следующая классификация причин НС [4]:

- технические;
- организационные.

Использование этих квалификационных причин при разработке специалистами МАКНИИ требований в инструкции по ОТ показало, что они охватывают не все причины травматизма на предприятиях угольной промышленности. Поэтому актуальным является более детальное определение причин травматизма, разработки на их основе требований в инструкции по ОТ и отделения от них причин, не зависящих от рабочих.

Цель статьи – разработать классификацию причин травматизма и провести ее апробацию на примере несчастного случая, произошедшего с рабочим по профессии стропальщик.

Как показывает практика к НС приводят причины, обусловленные травмоопасными действиями рабочих, а также причины, не зависящие от них: неправильные действия либо бездействия ИТР, недостатки конструкций технических средств, травмоопасные технологии и т. д. Инструкция по ОТ должна содержать только требования для рабочих данной профессии.

На основании результатов анализа причин травматизма в работах, выполненных институтом и изложенных в публикациях [5-7], разработана следующая классификация причин НС (рис. 1).

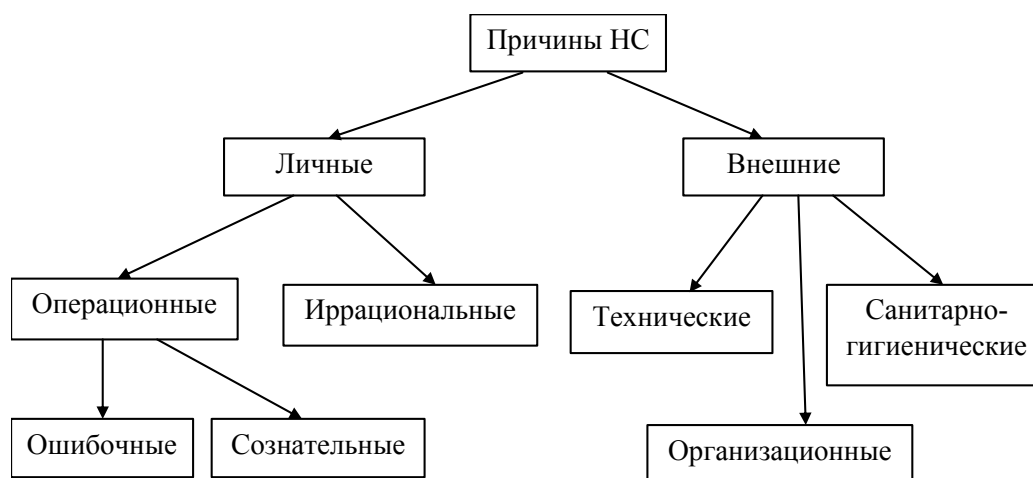


Рис. 1. Классификация причин НС

С помощью предложенной классификации акты расследования НС анализируются в соответствии со схемой (рис. 2).

В качестве примера использования классификации проведен анализ причин НС, произошедшего при подъеме металлической балки грузоподъемным краном.

Перед подъемом монтируемой балки, ее строповка была выполнена с недостаточной обтяжкой. Поскольку балка была обледеневшей, произошло скольжение строп, а ее острые кромки привели к разрыву лент стропа.

Вследствие этого произошло падение балки и травмирование стропальщика, осуществлявшего работы по установке монтируемой балки в проектное положение.

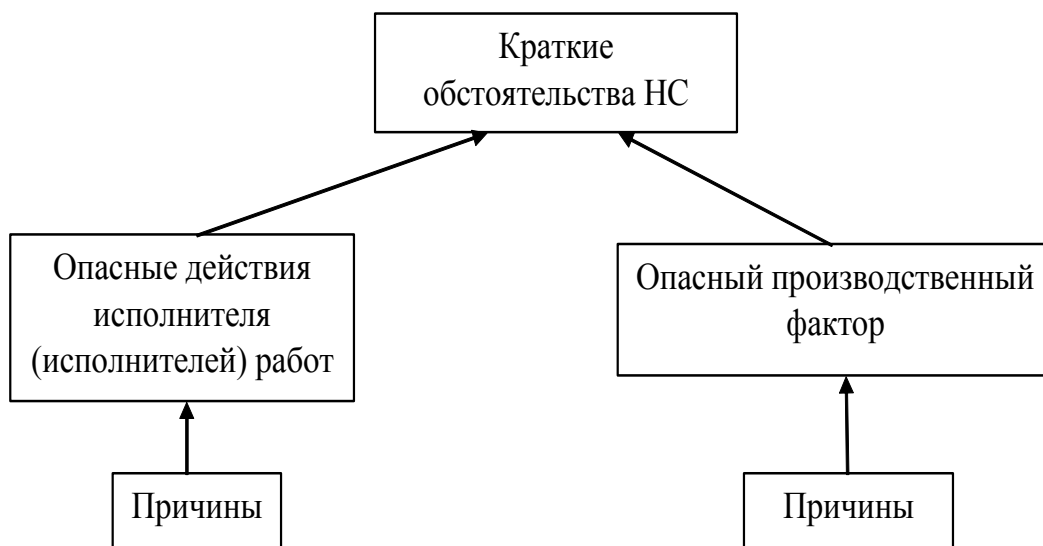


Рис. 2. Схема анализа обстоятельств и определения причин НС

Причинами НС явились:

- нарушение стропальщиком обтяжки лентами стропа обледеневшей монтируемой балки; не установка ее в проектное положение; не учтено наличие на балке наледи при обтяжке строп и, как следствие, ее скольжение;

- нарушение машинистом грузоподъемного крана требований технологии безопасного производства работ: не выполнен предварительный подъем груза на высоту от 0,2 до 0,3 м от уровня площадки;

- нарушение стропальщиком и машинистом требований инструкции по ОТ (рис. 3).

На схемах, которые строятся, причины могут быть показаны с помощью буквенных условных обозначений (рис.3) и с использованием условных графических обозначений (рис. 4).

Использование предложенной классификации причин травматизма при проведении анализа актов расследования НС позволило сформулировать следующие нормативные требования в «Инструкцию по охране труда при выполнении стропальных работ»:

- к выполнению стропальных работ допускаются лица, прошедшие

обучение и имеющие соответствующее удостоверение;

– в зимний период грузы, предназначенные для перемещения, должны защищаться от смерзания и обледенения;

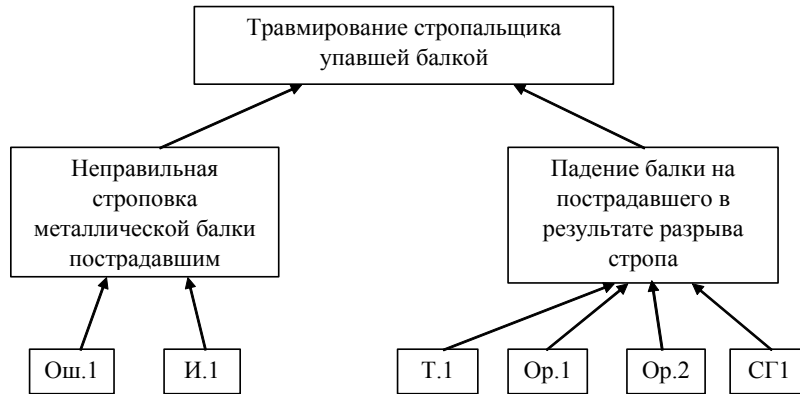


Рис. 3. Пример анализа причин НС с помощью предложенной классификации:

Ош.1 – ошибочная причина; И.1 – иррациональная; Т.1 – техническая;
Ор.1, Ор.2 – организационные; СГ1 – санитарно-гигиеническая



Рис. 4. Пример анализа причин НС с помощью геометрических фигур

– при производстве стропальных работ запрещается выполнять работы в отсутствии лица, ответственного за безопасное производство работ с применением грузоподъемного устройства.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на анализ причин НС, происшедших при выполнении других видов работ на предприятиях угольной промышленности.

ВЫВОДЫ

Разработана классификация, позволяющая детализировать анализируемые причины несчастных случаев. Проведен анализ конкретного случая, который позволил сформулировать требования в «Инструкцию по охране труда при выполнении стропальных работ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные требования к порядку разработки и содержанию правил и инструкций по охране труда, разрабатываемых работодателем [утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 29.10.2021 № 772н, зарегистрированы в Минюсте России 26.11.2021 No 66015] – Текст электронный // <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/2183?ysclid=lvapb3fw2a880785307> (дата обращения 02.02.2025).
2. Классификатор несчастных случаев на производстве: приказ Минтруда №223н – Текст электронный // <https://www.kdelo.ru/art/386242-klassifikator-neschastnyh-sluchaev-na-proizvodstve-prikaz-mintruda-223n?id=386242&refreshProfile=Y&tail=klassifikator-neschastnyh-sluchaev-na-proizvodstve-prikaz-mintruda-223n&ysclid=m8cr20iwhh220315058> (дата обращения 05.03.2025).
3. Pietrzak L. Analiza wypadków przy pracy dla potrzeb prewencji – Warszawa, 2007. – 105с.
4. Ачин В.А. Основы безопасности труда в строительстве / В.А. Ачин. – Л.: Стройиздат, 1976. – 185с.
5. Деревянский В.Ю. Анализ первопричин травматизма на шахтах и разработка мероприятий по их предотвращению методом «треугольника» / В.Ю. Деревянский // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб./ МАКНИИ. – 2015. –1(35). – С.106-112.
6. Безбородов В.А. Анализ и профилактика травматизма при обслу-

живании ленточных конвейеров на угольных предприятиях / В.А. Безбородов, Р.Г. Сафин // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. / МАКНИИ. – 2024. – 1 (64). – С. 44-50.

7. Голик И.Ю. О предотвращении аварийности и травматизма при передвижении установки подъемной автомобильной упа-60/80 между водоотливными комплексами / И.Ю. Голик // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. / МАКНИИ. – 2025. – 1 (68). – С. 5-63.

Получено: 06.06.25

Рекомендовал к публикации канд. техн. наук Кременев О.Г.

UDC 622.864:621.86.06

**V.Y. DEREVYANSKY, senior research worker,
V.V. ZUSHINSKAYA, engineer; GBU MAKNI, Makeyevka**

**CLASSIFICATION OF ACCIDENT CAUSES AND ITS PRACTICAL
APPROVAL EXEMPLIFIED BY INJURIES DURING SLINGING OP-
ERATIONS AT THE COMPANIES OF COAL MINING INDUSTRY**

The classification has been developed which allows the determination of the occurred accidents in more detail. Its practical approval is carried out exemplified by injuries during slinging operations.

Keywords: accident, classification, causes, slingsman, slinging operations, injury rate, schematic illustration, analysis.

*Способы и средства создания безопасных и
здоровых условий труда в угольных шахтах*

Выпуск № 2 (апрель – июнь) (69) 2025

Учредитель и издатель

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«МАКЕЕВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»
(ГБУ «МАКНИИ»)**

Подписано к печати 16.06.2025. Выход в свет _____.____.2025.

Формат 60 x 84/8. Тираж 50 экз.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,1 Заказ № 30

Гарнитура *Times New Roman*.

Свободная цена

Адрес редакции и издателя: 286132, Донецкая Народная Республика,
г.о. Макеевка, г. Макеевка, ул. Лихачева, д. 60

Отпечатано на полиграфической базе ГБУ «МАКНИИ»:
286132, Донецкая Народная Республика, г.о. Макеевка, г. Макеевка,
ул. Лихачева, д. 60

Телефон: + 7 (8563) 22-22-18, e-mail: maknii2014@inbox.ru

Свидетельство о регистрации средства массовой информации

ААА № 000203 от 26.06.2018 г.

выдано Министерством информации Донецкой Народной Республики