

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.42.99.008

УДК 331.45; 614.8; 622.235.3

© А.С. Корецкий, Г.И. Грозовский, Д.Н. Созинова, О.О. Зайцева, В.Л. Воробьева, 2023

А.С. КОРЕЦКИЙ

доцент кафедры

Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского, г. Норильск

e-mail: KoretskiyAS@nornik.ru

Г.И. ГРОЗОВСКИЙ

д.т.н., профессор,

заместитель генерального директора по научной работе

АО «НТЦ «Промышленная безопасность», г. Москва

e-mail: grozg@mail.ru

Д.Н. СОЗИНОВА

старший научный сотрудник

АО «НТЦ «Промышленная безопасность», г. Москва

e-mail: sozinovadn@yandex.ru

О.О. ЗАЙЦЕВА

научный сотрудник

АО «НТЦ «Промышленная безопасность», г. Москва

e-mail: zaytseva.oo98@mail.ru

В.Л. ВОРОБЬЕВА

младший научный сотрудник

АО «НТЦ «Промышленная безопасность», г. Москва

e-mail: valeriya.vorobyeva.29@mail.ru

**УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ВЗРЫВНЫХ РАБОТ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭМУЛЬСИОННЫХ
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ
ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ,
ОПАСНЫХ ПО ГАЗУ ИЛИ ПЫЛИ**

В статье рассматривается проблема обеспечения безопасности при проведении буровзрывных работ с применением эмульсионных взрывчатых веществ. При применении такого вида взрывчатого вещества присутствуют различные факторы, которые могут стать предпосылкой к возникновению аварийной ситуации. В работе рассмотрены наиболее вероятные сценарии аварий, проведена оценка риска, на основании которой предложен комплекс мероприятий, позволяющих поддерживать уровень риска на допустимом уровне.

Ключевые слова: ЭМУЛЬСИОННОЕ ВЗРЫВЧАТОЕ ВЕЩЕСТВО, ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ, РИСК, УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

Применение эмульсионных взрывчатых веществ (далее — ЭВВ) широко распространено при взрывных работах на объектах горнорудной промышленности с целью разрушения горного массива. По сравнению с другими типами взрывчатых веществ, применяемых в России, выбор ЭВВ может быть обусловлен простотой изготовления, низкой чувствительностью к механическим воздействиям, экологичностью и экономической эффективностью. Также при применении ЭВВ пыление и статика практически отсутствуют, что позволяет максимально механизировать процесс зарядания шпуров (скважин). Несмотря на преимущества, использование ЭВВ может привести к негативному влиянию на организм работников, вызванному токсичностью входящих в рецептуру эмульсии компонентов (например, аммиачной селитры), а также к возникновению аварийной ситуации (взрыв, пожар).

Для заблаговременного предотвращения негативных событий необходимо идентифицировать опасности при работе с ЭВВ, оценить риски их реализации и предложить комплекс мер, направленных на снижение рисков.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВВ

Одним из применяемых ЭВВ на рудниках является взрывчатое промышленное эмульсионное вещество НИТРОНИТ-ПР. Его используют в подземных выработках рудников и шахт, в которых либо отсутствует выделение горючих газов или взрывчатой угольной (сланцевой) пыли, либо применяется инертизация призабойного пространства [1, 2] (вытеснение кислорода из атмосферы рудника в нужном объеме), исключая воспламенение взрывоопасной среды при взрывных работах, в т. ч. в породах и рудах, содержащих сульфиды.

Эмульсионные взрывчатые вещества НИТРОНИТ-ПР представляют эмульсию НИ-

ТРОНИТ-ПР, сенсibilизированную газогенерирующей добавкой (далее — ГГД) [3, 4] с использованием ускорителя газификации (далее — УГ) (марка «ХС» — химическая сенсibilизация) либо стеклянными или пластиковыми микросферами (марка «МС» — механическая сенсibilизация). Выбор сенсibilизатора и марки эмульсии зависит от условий применения ЭВВ НИТРОНИТ-ПР и рекомендаций разработчика технических условий в каждом конкретном случае. Более детальное описание компонентов и их назначение приведено в табл. 1.

Дозирование и смешение невзрывчатых компонентов ЭВВ, а также изготовление ЭВВ НИТРОНИТ-ПР марки «ХС» осуществляется зарядной установкой для подземных работ (ПЗУ-ХС), представляющей специальное навесное оборудование.

Требования к зарядной машине ПЗУ-ХС установлены Федеральными нормами и правилами (далее — ФНиП) пп. 838-904 [9] и 58, 60, 371 ФНиП [10]. Технологическая схема изготовления ЭВВ и зарядания его в скважины (шпур) включает следующие операции:

1. Подача эмульсии в технологическую линию.
2. Смешение эмульсии с УГ. Подача ГГД через оросительное кольцо в смесь эмульсии и УГ и далее смешение в статическом смесителе на выходе зарядного шланга (при применении технологии производства ЭВВ с применением УГ).
3. Смешение эмульсии с ГГД и подачи полученного ЭВВ на зарядание (при применении схемы изготовления ЭВВ без применения УГ).
4. Образование ЭВВ начинается в зарядном шланге и завершается в шпуре (скважине) через 10–25 минут после зарядания (в т. ч. в зависимости от применяемой схемы изготовления ЭВВ).

Зарядная установка ПЗУ-ХС оснащена панелью оператора, расположенной в шка-

Таблица 1

Описание основных компонентов ЭВВ

Наименование компонента ЭВВ	Состав	Назначение	Воздействие на человека
Эмульсия [5]	Изготавливается на основе аммиачной селитры (марка «АС») и на основе кальциевой селитры («КС») и других компонентов, указанных в ТУ [5]. При горении эмульсии выделяются высокотоксичные газообразные продукты: оксид углерода (угарный газ) и диоксид азота.	Невзрывчатый компонент эмульсионного взрывчатого вещества НИТРОНИТ-ПР, является сильным окислителем.	Степень вредного воздействия на организм эмульсии характеризуется токсичностью входящих в ее рецептуру компонентов. Согласно классификации [6] эмульсия НИТРОНИТ-ПР по наиболее токсичному компоненту (аммиачная селитра) относится к 3-му классу опасности (вещество умеренно опасное): пыль селитры оказывает раздражающее действие при вдыхании на верхние дыхательные пути, при попадании на слизистые оболочки – на глаза и кожу. При попадании на кожу вызывает раздражение, особенно при наличии мелких трещин и ран. При попадании внутрь вызывает головкружение, рвоту.
УГ (для марки ЭВВ «ХС») [5]	Ускоритель газификации (химическая сенсibilизация) представляет собой водный раствор уксусной кислоты (марка УК) или водный раствор сульфаминовой кислоты (марка УС).	Является катализатором в химической реакции газификации эмульсии. Подача УГ может осуществляться непосредственно в объёмный дозатор эмульсии или в технологическую линию подачи эмульсии после объёмного дозатора.	По степени вредного воздействия на организм человека согласно классификации [6] ускоритель газификации относится к веществам умеренно опасным (3 класс опасности) с предельно допустимой концентрацией вредных веществ в воздухе рабочей зоны — 5 мг/м ³ для марки УК и 2 мг/м ³ (аэрозоль) для марки УС. Пары кислоты раздражают слизистые оболочки верхних дыхательных путей. Концентрированная кислота способна вызывать химические ожоги.
ГГД (для марки ЭВВ «ХС») [8]	Водный раствор нитрита натрия (NaNO ₂): тиоцианат натрия, тосол, вода.	Участвует в химической реакции газификации эмульсии НИТРОНИТ-ПР.	Нитрит натрия токсичен, обладает остро направленным механизмом действия, вызывает изменения со стороны крови, центральной нервной системы и печени, способен раздражать кожу и слизистые оболочки, возможно проникновение через неповрежденную кожу. По степени воздействия на организм человека согласно классификации [4] относится к веществам 1 класса опасности (вещества чрезвычайно опасные), предельная допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м ³ (по сухому веществу).
Стеклянные и полимерные микросферы (для марки ЭВВ «МС»)	Стеклянные и полимерные микросферы.	Обеспечивает механическую сенсibilизацию эмульсии.	Полимерные и стеклянные микросферы, вследствие малой плотности и высокой дисперсности, склонны к образованию пыли. Существует опасность взрыва пыли пластиковых микросфер, распыленной вблизи источника воспламенения. Пыль вызывает раздражение дыхательных путей и кожи.

Далее в работе рассматриваются ЭВВ марки «ХС».

фу управления. Оператор имеет возможность выбора и настройки соотношения компонентов в составе производимого ЭВВ.

Для обеспечения надежной детонации шпуровых и скважинных зарядов [11, 12] ЭВВ НИТРОНИТ-ПР согласно проекту (паспорту) буровзрывных работ должен применяться патрон-боевик или шашка-детонатор, которые размещаются от дна шпура (скважины) (обратное инициирование). Инициирование может быть произведено электродетонатором в соответствии с ГОСТ [13], неэлектрическими системами инициирования, электронными системами инициирования или иным аналогичным средством инициирования, имеющим разрешение на постоянное применение в соответствии со статьей 3 ТР ТС 028/2012 [14] и требованиями безопасности, установленными ФНиП [9].

Конструкция оборудования установки должна обеспечивать безопасность обслуживающего персонала, а также технические характеристики и режимы работы, соответствующие требованиям нормативной технической документации.

Рассмотрим, какие факторы могут препятствовать обеспечению безопасности при выполнении взрывных работ с использованием ЭВВ.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКА РИСКА

Исходя из особенностей рассматриваемого объекта (рудник опасный по газу) наиболее вероятными причинами, которые могут привести к аварийным ситуациям и травмированию персонала при использовании на руднике ЭВВ и зарядного оборудования, являются:

- ошибка персонала (например, механическое воздействие на средство инициирования (далее — СИ), нарушения при ручном пожаротушении, нарушение безопасного расстояния между взрывчатым веществом и СИ, исключающего передачу детонации от последних);
- неисправности оборудования (например, электрооборудования, СИ, СЗМ);
- использование взрывчатого вещества;
- выброс метана.

В результате идентификации опасностей выявлено, что может произойти пролив эмульсии из бака СЗМ, преждевременное срабатывание СИ, взрыв СЗМ с эмульсией и другие нежелательные события, приводящие к взрыву на площадке взрывных работ. Для оценки риска был использован метод «Дерево отказов» [15], результаты применения которого представлены на рис. 1–3.

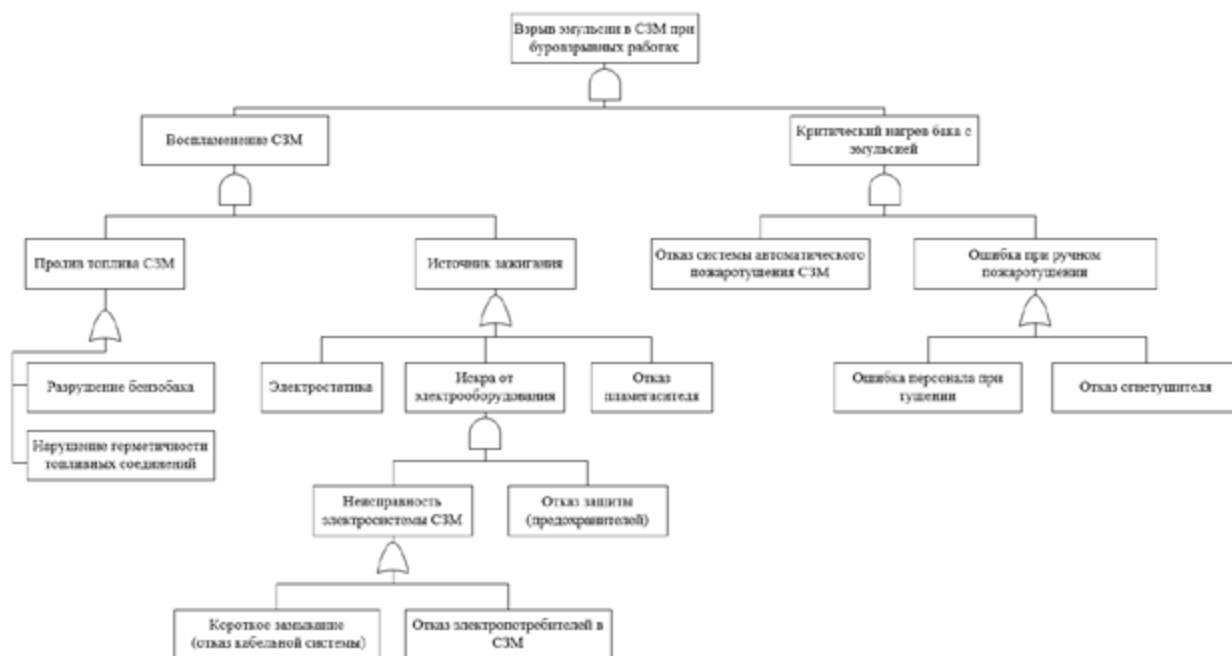


Рис. 1. Дерево отказов, приводящих к взрыву эмульсии в СЗМ при буровзрывных работах



Рис. 2. Дерево отказов, приводящих к взрыву эмульсии в результате ее пролива при буровзрывных работах



Рис. 3. Дерево отказов, приводящих к преждевременному взрыву при зарядании скважин

Несанкционированный взрыв на площадке взрывных работ может наложиться на выброс метана в руднике, что приведет к более тяжелым последствиям.

Сценарии возможных аварийных ситуаций при использовании ЭВВ отображены в табл. 2.

Таблица 2

Сценарии аварийных ситуаций при использовании ЭВВ

Сценарий	Описание сценария
С1 «Взрыв СЗМ»	Воспламенение СЗМ → критический нагрев бака с эмульсией → взрыв эмульсии в СЗМ → травмирование и гибель персонала
С2 «Взрыв в результате пролива эмульсии/ЭВВ»	Пролив эмульсии/ЭВВ → несвоевременное обнаружение утечки → источник зажигания (в т. ч. наличие сульфидсодержащих пород) → взрыв эмульсии → травмирование и гибель персонала
С3 «Преждевременный взрыв при зарядании скважин»	Появление электричества в электровзрывной сети (далее — ЭВС) в результате воздействия электромагнитной (далее — ЭМ) индукции или тока утечек / преждевременное срабатывание СИ в результате дефекта и воздействия блуждающих токов или статического электричества / срабатывание СИ, находящихся на небезопасном расстоянии до ЭВВ/ контакт ЭВВ с сульфидсодержащими породами → несанкционированный взрыв ЭВВ → травмирование и гибель персонала
С4 «Взрыв метана»	Необнаружение выброса метана → проведение взрывных работ при повышенной концентрации метана → несанкционированный взрыв ЭВВ → взрыв метана → травмирование и гибель персонала

На основании деревьев отказов проведем расчет вероятностей реализации сценариев С1 – С3. Расчет вероятности реализации сценария С1 на основе дерева отказов, представленного на рис. 1, приведен в табл. 3.

В расчете использованы числовые значения, принятые в соответствии со справочными данными [15–20], а также на основе экспертных оценок.

Таблица 3

Расчет вероятности реализации сценария С1

№	Обозначение	Наименование события	Формула (при наличии)	Значение, год ⁻¹
1	P1	Отказ огнетушителя	-	5·10 ⁻²
2	P2	Ошибка персонала при тушении	-	10 ⁻²
3	P3	Ошибка при ручном пожаротушении	$P_3 = P_1 + P_2$	6·10 ⁻²
4	P4	Отказ системы автоматического пожаротушения	-	3·10 ⁻¹
5	P5	Критический нагрев бака с эмульсией	$P_5 = P_4 \cdot P_3$	1,8·10 ⁻²
6	P6	Короткое замыкание (отказ кабельной системы)	-	4,2·10 ⁻³
7	P7	Отказ электропотребителей в СЗМ	-	7,8·10 ⁻²
8	P8	Неисправность электросистемы СЗМ	$P_8 = P_6 + P_7$	8,22·10 ⁻²
9	P9	Отказ защиты (предохранителей)	-	3,6·10 ⁻²
10	P10	Искра от электрооборудования	$P_{10} = P_8 \cdot P_9$	2,9·10 ⁻³
11	P11	Электростатика	-	10 ⁻³
12	P12	Отказ пламегасителя	-	10 ⁻¹
13	P13	Наличие источника зажигания	$P_{13} = P_{10} + P_{11} + P_{12}$	1,04·10 ⁻¹
14	P14	Нарушение герметичности топливных соединений	-	5·10 ⁻⁶
15	P15	Разрушение бензобака	-	10 ⁻⁴
16	P16	Пролив топлива СЗМ	$P_{16} = P_{14} + P_{15}$	1,05·10 ⁻⁴
17	P17	Воспламенение СЗМ	$P_{17} = P_{16} \cdot P_{13}$	10 ⁻⁵
18	PC1	Взрыв эмульсии в СЗМ	$P_{C1} = P_{17} \cdot P_5$	1,8·10⁻⁷

Расчет вероятности реализации сценария С2 на основе дерева отказов, представленного на рис. 2, приведен в табл. 4.

Таблица 4

Расчет вероятности реализации сценария С2

№	Обозначение	Наименование события	Формула/источник	Значение, год ⁻¹
1	P ₁₁	Электростатика	–	10 ⁻³
2	P ₁₈	Утечка тока электрооборудования	–	10 ⁻²
3	P ₁₉	Контакт с сульфидсодержащими породами	–	5·10 ⁻⁴
4	P ₂₀	Наличие источника зажигания эмульсии/ЭВВ	$P_{20} = P_{11} + P_{18} + P_{19}$	1,15·10 ⁻²
5	P ₂₁	Разрушение рукава подачи СЗМ (течь)	–	4,4·10 ⁻⁵
6	P ₂₂	Разрушение бака	–	10 ⁻⁴
7	P ₂₃	Разрушение уплотнения насосов	–	6·10 ⁻⁵
8	P ₂₄	Пролив эмульсии	$P_{24} = P_{21} + P_{22} + P_{23}$	2,04·10 ⁻⁴
9	P ₂₅	Несвоевременное обнаружение утечки (ошибка человека)	–	10 ⁻²
10	P _{С2}	Взрыв эмульсии в результате пролива	$P_{С2} = P_{20} \cdot P_{24} \cdot P_{25}$	2,24·10⁻⁸

Расчет вероятности реализации сценария С3 на основе дерева отказов, представленного на рис. 3, приведен в табл. 5.

Таблица 5

Расчет вероятности реализации сценария С3

№	Обозначение	Наименование события	Формула/источник	Значение, год ⁻¹
1	P26	Ошибка взрывника (не принимает меры по предотвращению ЭМ индукции)	–	10 ⁻³
2	P27	Появление ЭМ индукции	–	10 ⁻³
3	P28	Появление электричества в результате ЭМ индукции	$P_{28} = P_{26} \cdot P_{27}$	10 ⁻⁶
4	P29	Нарушение ЭВС	–	4·10 ⁻²
5	P18	Утечка тока электрооборудования	–	10 ⁻²
6	P30	Появление электричества в результате утечек тока	$P_{30} = P_{29} \cdot P_{18}$	4·10 ⁻⁴
7	P31	Появление электричества в ЭВС	$P_{31} = P_{28} + P_{30}$	4,01·10 ⁻⁴
8	P32	Производственный дефект средства инициирования	–	10 ⁻²
9	P11	Электростатика	–	10 ⁻³
10	P33	Наличие блуждающего тока	–	10 ⁻³
11	P34	Воздействие на СИ	$P_{34} = P_{33} + P_{11}$	2·10 ⁻³
12	P35	Преждевременное срабатывание СИ	$P_{35} = P_{32} \cdot P_{34}$	4·10 ⁻⁷
13	P36	Ошибка взрывника (механическое воздействие на СИ)	–	10 ⁻³
14	P37	Нарушение безопасного расстояния от СИ до взрывчатых материалов (далее – ВМ)	–	10 ⁻²
15	P38	Нарушения при операциях с использованием СИ	$P_{38} = P_{32} \cdot P_{36} \cdot P_{37}$	2·10 ⁻⁹
16	P19	Контакт с сульфидсодержащими породами	–	5·10 ⁻⁴
17	PС3	Взрыв в результате преждевременного срабатывания СИ	$P_{С3} = P_{31} + P_{35} + P_{38} + P_{19}$	9,01·10⁻⁴

Вероятность реализации сценария С4 «Взрыв метана» (P_{C4}) рассчитывается по формуле (1):

$$P_{C4} = P_{39} \cdot P_{40} \cdot (P_{C1} + P_{C2} + P_{C3}) \quad (1)$$

где P_{38} — вероятность выброса метана в атмосферу рудника (значение зависит от рассматриваемого рудника, для данной работы принимается $P_{39} = 2,7 \cdot 10^{-2}$); P_{39} — вероятность необнаружения повышенной концентрации метана ($P_{40} = 10^{-2}$).

$$P_{C4} = 2,7 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} \cdot (1,8 \cdot 10^{-7} + 2,24 \cdot 10^{-8} + 9,01 \cdot 10^{-4}) = 2,43 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$$

Определим количественные показатели риска для каждого из сценариев.

Значения потенциального риска для различных сценариев аварий определяются по формуле (2):

$$R_{\text{пот}} = P_{Ci} \cdot P_{\text{пор}} \quad (2)$$

где $P_{\text{пор}}$ — вероятность травмирования или гибели человека, попавшего в зону пораже-

ния (принимается, для человека попавшего в зону поражения $P_{\text{пор}} = 1$).

Значения индивидуального риска для различных сценариев аварий определяются по формуле (3):

$$R_{\text{инд}} = q \cdot R_{\text{пот}} \quad (3)$$

где q — вероятность присутствия человека в зоне поражения. Для взрывных работ принимается $q = 1$, так как работы проводятся только в присутствии персонала.

Значения коллективного риска для различных сценариев аварий определяются по формуле (4):

$$R_{\text{кол}} = n \cdot R_{\text{инд}} \quad (4)$$

где n — количество персонала, находящегося в зоне поражения. Для сценариев С1–С3 принимается $n = 5$, для сценария С4 – $n = 10$.

Результаты расчетов количественных показателей риска по формулам (2) – (4) приведены в табл. 6.

Таблица 6

Количественные показатели риска

Сценарий	Вероятность реализации сценария, год ⁻¹	Потенциальный риск, год ⁻¹	Индивидуальный риск, год ⁻¹	Коллективный риск, чел·год ⁻¹
С1	$1,8 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^{-7}$	$9 \cdot 10^{-7}$
С2	$2,24 \cdot 10^{-8}$	$2,24 \cdot 10^{-8}$	$2,24 \cdot 10^{-8}$	$1,12 \cdot 10^{-7}$
С3	$9,01 \cdot 10^{-4}$	$9,01 \cdot 10^{-4}$	$9,01 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$
С4	$2,43 \cdot 10^{-7}$	$2,43 \cdot 10^{-7}$	$2,43 \cdot 10^{-7}$	$2,43 \cdot 10^{-6}$

В табл. 7 отражены результаты проведенной оценки риска с использованием матрицы «частота – тяжесть последствий».

Таблица 7

Оценка риска аварийных ситуаций по сценариям С1–С4

Сценарий	Вероятность реализации сценария, год ⁻¹	Оценка частоты возникновения события	Тяжесть последствий	Уровень риска
С1	$1,8 \cdot 10^{-7}$	Практически невероятное событие	Критическое	С
С2	$2,24 \cdot 10^{-8}$	Практически невероятное событие	Критическое	С
С3	$9,01 \cdot 10^{-4}$	Возможное событие	Критическое	В
С4	$2,43 \cdot 10^{-7}$	Практически невероятное событие	Катастрофическое	В

Уровень риска «В» показывает, что риск аварий при подготовке и проведении взрывных работ ниже допустимого при принятии дополнительных мер безопасности. Уровень риска «С» предполагает, что риск ниже допустимого при осуществлении контроля уже принятых мер безопасности.

Основная цель анализа риска аварий — установление степени аварийной опасности объектов для заблаговременного предупреждения угроз причинения вреда. Для обеспечения необходимого уровня риска требуется выполнение комплекса мер безопасности, включающего как организационные, так и технические решения.

Примером такого комплекса мероприятий может являться следующий перечень мер безопасности:

1. Узлы и детали оборудования должны быть выполнены из материалов, не корродирующих при контакте с эмульсией, используемой на рудниках, а также не дающих искр при соударениях, нагрузках трения и сдвига.

2. Загрузку машины компонентами для приготовления взрывчатого вещества производить в строгом соответствии с инструкцией, разработанной эксплуатирующим предприятием и утвержденной техническим руководителем эксплуатирующего предприятия.

3. В случае аварийной остановки оборудования в момент заряжания скважин водитель должен установить причину, вызвавшую остановку, устранить неисправность и продолжить заряжание. При невозможности устранения неисправности на месте заряжания необходимо освободить машину от ЭВВ и произвести ремонт в условиях мастерских или гаража.

4. Установка заряжания скважины СЗМ должна быть оборудована датчиками давления и температуры линии подачи эмульсии и смещения компонентов; системой автоматического отключения по показателям датчиков или вручную.

5. Ремонтные работы и техническое обслуживание СЗМ должен проводить специально обученный персонал.

6. Запрещается выезд машины в рейс из транспортного цеха или гаража без проверки (в присутствии водителя) ее технического состояния ответственным лицом гаража, назначенным приказом, и записи в путевом листе: «Машина проверена, исправна и пригодна для перевозки ВМ и заряжания скважин», подтвержденной подписью ответственного лица.

7. Запрещается выезд машины без заземляющих устройств, проблескового маячка, огнетушителей, а также не оборудованной размыкателем электрической цепи;

8. Запрещается наезжать на детонирующие шнуры, волноводы или электрические провода магистралей инициирования зарядов силовые электрокабели, кабели связи и сигнализации, пневматические магистрали.

9. Взрывные работы должны выполняться взрывниками под руководством лица, назначенного приказом по организации (руководитель взрывных работ) по письменным нарядам с ознакомлением с ними под роспись и соответствующим наряд-путевкам и проводиться только в местах, отвечающих требованиям безопасного их проведения.

10. Замер концентрации метана должен проводиться перед каждым заряжением, взрыванием и осмотром места взрыва после взрывания, а в месте укрытия взрывника — перед каждым подключением электровзрывной сети к взрывному прибору. Контроль загазирования забоя после взрывных работ и проветривания должен проводиться перед допуском людей в забой.

11. Взрывные работы должны производиться в междусменные перерывы.

12. Запрещается одновременная выдача взрывнику взрывчатых веществ различных классов для проведения взрывных работ. Запрещается размещать в одном шпуре взрывчатые вещества различных классов или различных наименований патронированных ВВ и при сплошном заряде — более одного патрона-боевика.

13. При производстве взрывных работ должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование

распространяется также на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети. Провода электродетонаторов и электровзрывной сети необходимо соединять только с применением контактных зажимов.

14. На руднике опасном по газу необходимо применение устройств, создающих инертизацию призабойного пространства горных выработок (распылительных устройств с блокировкой взрывной сети).

Соблюдение требований федеральных норм и правил [9, 10], мероприятий, приведенных в работе, и иных мер безопасности, обеспечит допустимый уровень риска при эксплуатации горных выработок, в том числе опасных по газу и пыли, в которых используют эмульсионные взрывчатые вещества при взрывных работах

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лозицкий В.А., Бочкарев В.Г., Корецкий А.С., Уфатова З.Г. Устройство инертизации призабойного пространства при ведении взрывных работ в подземных выработках шахт, опасных по взрывам рудничного газа // Горный журнал. 2021. № 10. С. 44–47.

2. Уваров И.И., Лозицкий В.А., Бочкарев В.Г., Корецкий А.С. Применение эмульсионных взрывчатых веществ на открытых и подземных горных работах рудника «Заполярный» // Горный журнал. 2022. № 8. С. 6–11.

3. Горинов С.А., Корецкий А.С., Маслов И.Ю. Оценка длительности сохранения способности к инициированию нисходящего скважинного заряда эмульсионных взрывчатых веществ, сенсibilизированных газовыми порами // Взрывное дело. 2022. № 135–92. С. 132–151.

4. Горинов С.А., Корецкий А.С., Маслов И.Ю. Экспериментальное изучение реологических свойств эмульсии с окислительной фазой из бинарного раствора аммиачной и кальциевой селитры // Взрывное дело. 2022. № 136–93. С. 68–78.

5. ТУ 2241-029-58995878-2016. Эмульсия НИТРОНИТ-ПР для подземных работ. Технические условия. М.: ЗАО «Институт взрыва», 2016. 17 с.

6. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с изменениями № 1, 2). ГОСТ 12.1.007-76. М.: Стандартинформ, 2007.

7. ТУ 7276-031-58995878-2016. Вещества взрывчатые промышленные. НИТРОНИТ-ПР. Технические условия. М.: ЗАО «Институт взрыва», 2016. 30 с.

8. ТУ 20.15.20-009-58995878-2017. Газогенерирующая добавка. Технические условия. М.: ЗАО «Институт взрыва», 2017. 11 с.

9. Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности (приказ Ростехнадзора от 3.12.2020 № 494). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

10. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности (приказ Ростехнадзора от 8.12.2020 № 505). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

11. Корецкий А.С., Маслов И.Ю. Размеры газовых микропор, сенсibilизирующих эмульсионное взрывчатое вещество, по длине восходящего скважинного заряда // Горный журнал. 2022. № 10. С. 33–52.

12. Горинов С.А., Корецкий А.С., Маслов И.Ю. Оценка времени сохранения восприимчивости к инициирующему импульсу эмульсионным взрывчатым веществом, сенсibilизированным газовыми порами // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2022. № 5. С. 53–65.

13. Электродетонаторы мгновенного действия. Технические условия. ГОСТ 9089-75. М.: ИПК Издательство стандартов, 1997.

14. О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе: Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 028/2012). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

15. Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей. ГОСТ Р 27.302-2009. М.: Стандартинформ, 2011.

16. Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах: приказ Ростехнадзора от 3.11.2022 № 387. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

17. Артюхов И.И., Меньщиков И.А. Обеспечение надежности в электроэнергетике. Саратов, 2015. 59 с.

18. Справочник по надежности. М.: Мир, 1969. Том 1. 339 с.

19. Прокопьев А.М., Полянский П.В. Показатели надежности и инженерная практика // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2011. № 5 (22). С. 39–53.

20. Справочник по надежности. М.: Мир, 1970. Том 2. 304 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.42.99.008

UDC 331.45; 614.8; 622.235.3

© A.S. Koretsky, G.I. Grozovsky, D.N. Sozinova, O.O. Zaitseva, V.L. Vorobyova, 2023

A.S. KORETSKY

Associate Professor of the Department
N.M. Fedorovsky Polar State University, Norilsk
e-mail: KoretskiyAS@nornik.ru

G.I. GROZOVSKY

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Deputy Director General for Scientific Work
JSC «STC «Industrial Safety», Moscow
e-mail: grozg@mail.ru

D.N. SOZINOVA

Senior Researcher
JSC «STC «Industrial Safety», Moscow
e-mail: sozinovadn@yandex.ru

O.O. ZAITSEVA

Researcher
JSC «STC «Industrial Safety», Moscow
e-mail: zaitseva.oo98@mail.ru

V.L. VOROBYOVA

Junior Researcher
JSC «STC «Industrial Safety», Moscow
e-mail: valeriya.vorobyeva.29@mail.ru

RISK MANAGEMENT DURING BLASTING OPERATIONS USING EMULSION EXPLOSIVES DURING BLASTING OPERATIONS IN UNDERGROUND MINING PASSAGES HAZARDOUS BY GAS OR DUST

The article discusses the problem of ensuring safety during drilling and blasting operations using emulsion explosives. When using this type of explosive, there are various factors that may become a prerequisite for an emergency. The work considers the most probable accident scenarios, carried out a risk assessment, on the basis of which a set of measures is proposed to maintain the risk level at an acceptable level.

Keywords: EMULSION EXPLOSIVE, BLASTING, BLASTING SAFETY, RISK, RISK MANAGEMENT, INDUSTRIAL SAFETY.

REFERENCES

1. Lozitsky V.A., Bochkarev V.G., Koretsky A.S., Ufatova Z.G. The device of inertia of the bottomhole space when conducting blasting operations in underground mine workings dangerous for mine gas explosions // Mining Journal [Gornyj zhurnal]. 2021. No. 10. P. 44–47. [In Russ.].
2. Uvarov I.I., Lozitsky V.A., Bochkarev V.G., Koretsky A.S. The use of emulsion explosives in open and underground mining operations of the Zapolyarny mine // Mining Journal [Gornyj zhurnal]. 2022. No. 8. P. 6–11. [In Russ.].
3. Gorinov S.A., Koretsky A.S., Maslov I.Yu. Assessment of the duration of preservation of the ability to initiate a downhole charge of emulsion explosives sensitized by gas pores // Explosion technology [Vzryvnoe delo]. 2022. No. 135–92. P. 132–151. [In Russ.].
4. Gorinov S.A., Koretsky A.S., Maslov I.Yu. Experimental study of rheological properties of an emulsion with an oxidizing phase from a binary solution of ammonium and calcium nitrate // Explosion technology [Vzryvnoe delo]. 2022. No. 136–93. P. 68–78. [In Russ.].
5. TU 2241-029-58995878-2016. NITRONITE-PR emulsions for underground work. Technical conditions. M.: CJSC «Institute of Explosion», 2016. 17 p. [In Russ.].
6. The system of occupational safety standards. Harmful substances. Classification and general safety requirements (with amendments No. 1, 2). GOST 12.1.007-76. M.: Standartinform, 2007. [In Russ.].
7. TU 7276-031-58995878-2016. Industrial explosive substances. NITRONITE-PR. Technical conditions. M.: CJSC «Institute of Explosion», 2016. 30 p. [In Russ.].
8. TU 20.15.20-009-58995878-2017. Gas-generating additive. Technical conditions. M.: CJSC «Institute of Explosion», 2017. 11 p. [In Russ.].
9. Safety rules for the production, storage and use of industrial explosives: Federal Norms and Rules in the field of industrial safety (Rostekhnadzor Order No. 494 dated 3.12.2020). Access from the ConsultantPlus legal reference system. [In Russ.].
10. Safety rules for mining and processing of solid minerals: Federal Norms and rules in the field of industrial safety (Rostekhnadzor Order No. 505 dated 8.12.2020). Access from the ConsultantPlus legal reference system. [In Russ.].
11. Koretsky A.S., Maslov I.Yu. Dimensions of gas micropores sensitizing an emulsion explosive along the length of the ascending borehole charge // Mining Journal [Gornyj zhurnal]. 2022. No. 10. P. 33–52. [In Russ.].
12. Gorinov S.A., Koretsky A.S., Maslov I.Yu. Estimation of the time of preservation of susceptibility to the initiating pulse by an emulsion explosive sensitized by gas pores // News of Higher Educational Institutions. Mining Journal [Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal]. 2022. No. 5. P. 53–65. [In Russ.].
13. Instantaneous electric detonators. Technical conditions. GOST 9089-75. M.: IPK Publishing House of Standards, 1997. [In Russ.].

14. On the safety of explosives and products based on them: Technical Regulations of the Customs Union (TR CU 028/2012). Access from the ConsultantPlus legal reference system. [In Russ.].

15. Reliability in technology. Fault tree analysis. GOST R 27.302-2009. M.: Standartinform, 2011. [In Russ.].

16. Methodological bases of hazard analysis and accident risk assessment at hazardous production facilities: Rostekhnadzor Order No. 387 dated 3.11.2022. Access from the ConsultantPlus legal reference system. [In Russ.].

17. Artyukhov I.I., Menshikov I.A. Ensuring reliability in the electric power industry. Saratov, 2015. 59 p. [In Russ.].

18. Handbook of Reliability. M.: Mir, 1969. Vol. 1. 339 p. [In Russ.].

19. Prokopyev A.M., Polyansky P.V. Reliability indicators and engineering practice // Automation and OT in power engineering. 2011. No. 5 (22). P. 39–53. [In Russ.].

20. Handbook of Reliability. M.: Mir, 1970. Vol. 2. 304 p. [In Russ.].