

УДК 614.8:622.276.55:622.235

Грунско́й Т.В., канд. техн. наук, доцент кафедры промышленной безопасности и охраны окружающей среды ФГБОУ ВО Ухтинский государственный технический университет

Фомин А.И., профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой аэрологии, охраны труда и природы ФГБОУ ВО Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

Grunskoy T.V., Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Safety and Environmental Protection, Ukhta State Technical University

Fomin A.I., professor, doctor of technical sciences, head of the department of aerology, labor protection and nature, Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev

**ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В ЯРЕГСКИХ НЕФТЯНЫХ ШАХТАХ****INCREASING THE SAFETY LEVEL WHEN CARRYING OUT BLAST-
ING WORKS IN YAREGA OIL MINES**

Цикл буровзрывного способа проходки включает в себя: бурение шпуров; зарядание и взрывание; погрузку породы; наращивание рельсовых путей; крепление горной выработки; устройство водоотливной канавки; настилка трапов, наращивание вентиляционных труб и прочие сопутствующие работы.

Для проходки новых полевых штреков в Ярегских шахтах применяют буровзрывной способ (БВС). Качественное производство буровзрывных работ (БВР) во многом определяет эффективность и экономичность строительства горных выработок [1].

Правильное определение и рациональный выбор элементов буровзрывного комплекса должны обеспечить следующее:

- разрушение породы в объеме проектного сечения без «недоборов» и «переборов» на максимально возможную глубину шпуров;
- равномерное дробление породы до определенной фракции, при которой достижима максимальная производительность погрузки разрушенной массы;
- минимальный разброс взорванной породы по выработке, уменьшающий трудоемкие работы по подгребанию породы;
- кучное расположение взорванной породы у забоя; максимальную механизацию всех работ.

Взрывание происходит с помощью электродетонаторов и аммонита ПЖВ-20. Взрывные работы (ВР) производятся согласно режиму ведения взрывных работ и паспортам буровзрывных работ. Согласно паспортам БВР средняя проходка забоя за цикл составляет 1,2 м.

В целях повышения уровня безопасности проведения взрывных работ при проходки горных выработок в нефтяных шахтах предлагается к использованию взрывчатый материал с применением порэмита ПП-IV36. Данный взрывчатое вещество (ВВ) по своим свойствам не уступает применяемому варианту с использованием аммониту. Использование ВВ – порэмит ПП-IV36 позволит повысить уровень промышленной безопасности в части возможного преждевременного детонирования или отказов ВВ более чем на 35 % и, в зависимости от объема закупок, позволит снизить траты. Также, данной работой предлагается провести опытнопромышленные испытания по оценке возможности применения нового типа ВВ в условиях нефтяных шахт [2, 3].

В процессе проведения ВР в нефтешахтах применяют аммиачно–селитренное ВВ - предохранительный водоустойчивый аммонит марки ПЖВ-20 и предохранительные электродетонаторы (ЭД) короткозамедленного действия нормальной чувствительности к действию зарядов статического электричества и блуждающих токов типа ЭД-КЗ-ПКМ.

Аммонит марки ПЖВ-20 состоит из смеси из селитры аммиачной водоустойчивой NH_4NO_3 , тротила $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)\text{CH}_3$ и поваренной соли (NaCl - 97÷99 %), с массовой долей аммиачной селитры – 64 %, тротила – 16 %, поваренной соли – 20 %. В каждой из трех нефтешахт хранится 4 т аммонита ПЖВ-20 и 28600 шт. электродетонаторов ЭД-КЗ-ПКМ [1]. Также на нефтяных шахтах применяются ВВ АП-5ЖВ и Т-19

Входящие в состав ВВ (аммонита ПЖВ-20) компоненты оказывают отрицательное разностороннее влияние на состояние здоровья работников нефтешахты.

Аммонит марки ПЖВ-20 обладает способностью к выгоранию, слеживаемости, малой водоустойчивости, высокой чувствительностью к уплотнению.

С целью проведения анализ возможных причин отказа заряда взрывчатого вещества построим «дерево причин» (рисунок 1).

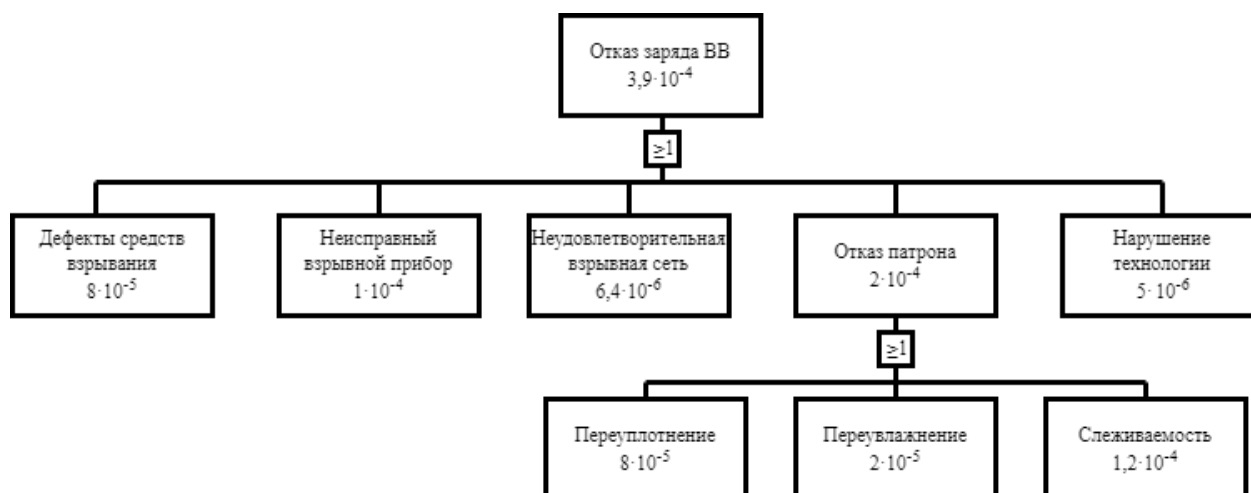


Рисунок 1 – «Дерево причин» отказа заряда взрывчатого вещества
Проведем расчет вероятности отказа заряда ВВ.

$$P_{\text{или}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n; \quad (1)$$

$$P_{\text{и}} = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n, \quad (2)$$

Значение для события А рассчитаем по формуле (1):

Вероятность возникновения событий по дереву причин указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Вероятность возникновения события

№ п/п	Событие	Вероятность P_i
1	2	3
B1	Дефекты средств взрывания	$8,0 \cdot 10^{-5}$
B2	Неисправный взрывной прибор	$1,0 \cdot 10^{-4}$
B3	Неудовлетворительная взрывная сеть	$6,4 \cdot 10^{-6}$
B4	Отказ патрона	$2,0 \cdot 10^{-4}$
B5	Нарушение технологии	$5,0 \cdot 10^{-6}$
C1	Переуплотнение	$8,0 \cdot 10^{-5}$
C2	Переувлажнение	$2,0 \cdot 10^{-5}$
C3	Слеживаемость	$1,2 \cdot 10^{-4}$
A	Отказ заряда ВВ	$3,9 \cdot 10^{-4}$

Проведенный расчет вероятностей показал, что основной причиной отказа заряда взрывчатого вещества является слеживаемость со значением $1,2 \cdot 10^{-4}$. Основными недостатками ВВ аммонита марки ПЖВ-20 являются слеживаемость, неводоустойчив, высокая чувствительность к внешним механическим воздействиям в результате чего существует высокая вероятность отказа зарядов взрывчатого вещества.

Учитывая последствия отказа заряда взрывчатого вещества рассмотрим «дерево событий» развития ситуации.

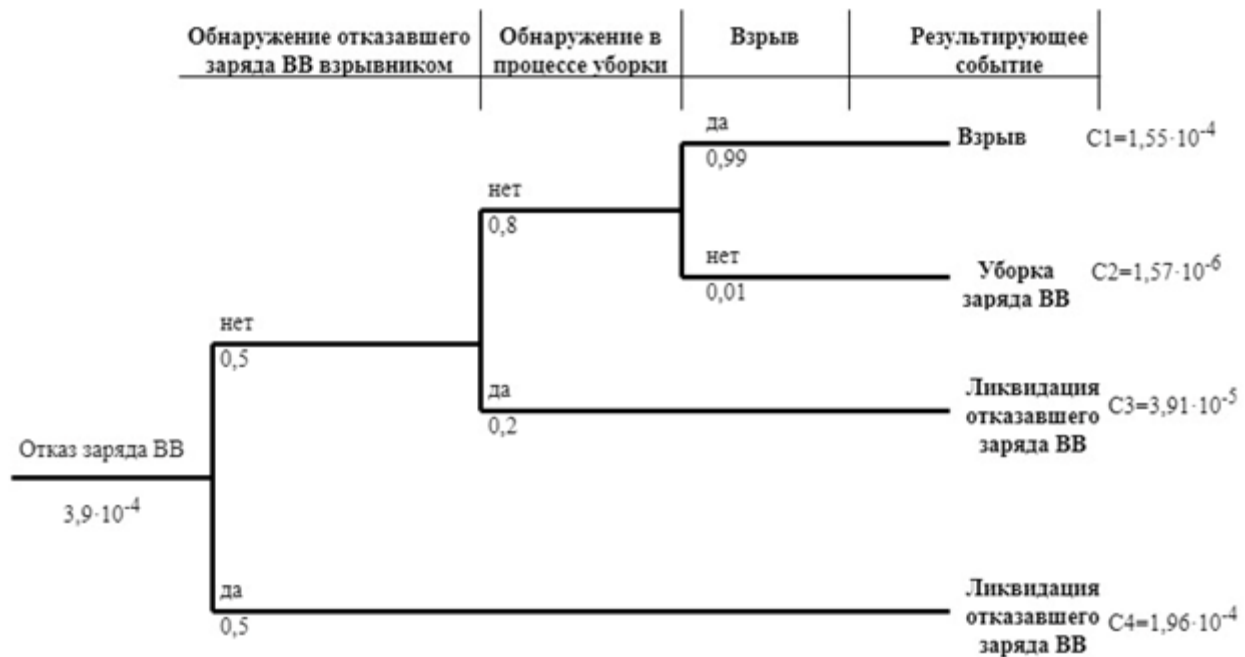


Рисунок 2 – «Дерево событий» при отказе заряда взрывчатого вещества

Произведем расчёт вероятности $Q(A_i)$ реализации каждого из рассматриваемых вариантов логической схемы:

$$Q(A_i) = R_{\text{собр}} \cdot Q(A_i)_{\text{ст}}, \quad (3)$$

где $R_{\text{собр}}$ - вероятность отказа заряда ВВ, $R_{\text{собр}} = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$;

$Q(A_i)_{\text{ст}}$ – статистическая вероятность развития i -й ветви логической схемы.

Не обнаружение отказавшего заряда ВВ взрывником, не обнаружение в процессе уборки, взрыв, наличие пострадавших:

$$Q(C_1) = 3,9 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,99 = 1,55 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

Не обнаружение отказавшего заряда ВВ взрывником, не обнаружение в процессе уборки, отсутствие взрыва, уборка заряда ВВ, отсутствие пострадавших:

$$Q(C_2) = 3,9 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,01 = 1,57 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Не обнаружение отказавшего заряда ВВ взрывником, обнаружение в процессе уборки, ликвидация отказавшего заряда ВВ, отсутствие пострадавших:

$$Q(C_3) = 3,9 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 0,2 = 3,91 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Обнаружение отказавшего заряда ВВ взрывником, ликвидация отказавшего заряда ВВ, отсутствие пострадавших:

$$Q(C_4) = 3,9 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 = 1,96 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

Значение индивидуального риска для подземного работника нефтешахты будет рассчитано, как сумма значений статистической вероятности событий с наличием пострадавшего в исходе:

$$R_{\text{пот}} = Q_1 = 1,55 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

Рассчитанный индивидуальный риск составил $R_{\text{инд}} = 1,55 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}$.

Для повышения уровня безопасности при проведении взрывных работ в Ярегских нефтяных шахтах рекомендуется к использованию эмульсионное ВВ порэммит предохранительный ПП IV-36 взамен применяемого аммонита марки ПЖВ-20. ВВ порэммит ПП IV-36 имеет ряд преимуществ таких как высокоскоростной детонацией, отсутствием слеживаемости, устойчивостью к выгоранию, высокой водостойкостью, низкая чувствительность к внешним механическим воздействиям.

Достоинства и недостатки применения ВВ порэммит ПП-IV-36 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки применения ВВ порэммит ПП-IV-36

Применение ВВ порэммит ПП-IV-36			
Существующие		Предлагаемые	
Достоинства	Недостатки	Достоинства	Недостатки
Положительный опыт применения	Склонен к слеживаемости	Высокая скорость детонации	Требуется проведение опытно-промышленных испытаний (ОПИ)
	Маловодоустойчив	Низкая токсичность	
		Водоустойчивость выше на 99 %	
	Высокая чувствительность к механическим воздействиям	Малые значения критического диаметра	
		Простота в отношении регулирования энергетических показателей	
		Применение механизации процесса снаряжения зарядов	
	Возможность несанкционированного взрыва из-за отказа заряда ВВ	Высокие предохранительные свойства. Чувствителен к ударам и трению на 20% и 67% меньше соответственно	Поставщик АО «ГосНИИ «Кристалл», в настоящее время загружен госзаказами
		Наибольшая устойчивость к выгоранию	
		Слеживаемость меньше на 50 %	
		Снижение профессионального риска при применении буровзрывного способа проходки на 36,5%	

С точки зрения нормативных требований технического регламента Таможенного союза ТР ТС 028/2012 «О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе» и Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения» в области проведения взрывных работ, ВВ порэммит марки ПП-IV-36 может использоваться при проведении взрывных работ в Ярегских нефтешахтах.

Построим «дерево причин» и «дерево событий» с применением ВВ порэммит марки ПП IV-36 (рисунок 3, 4).

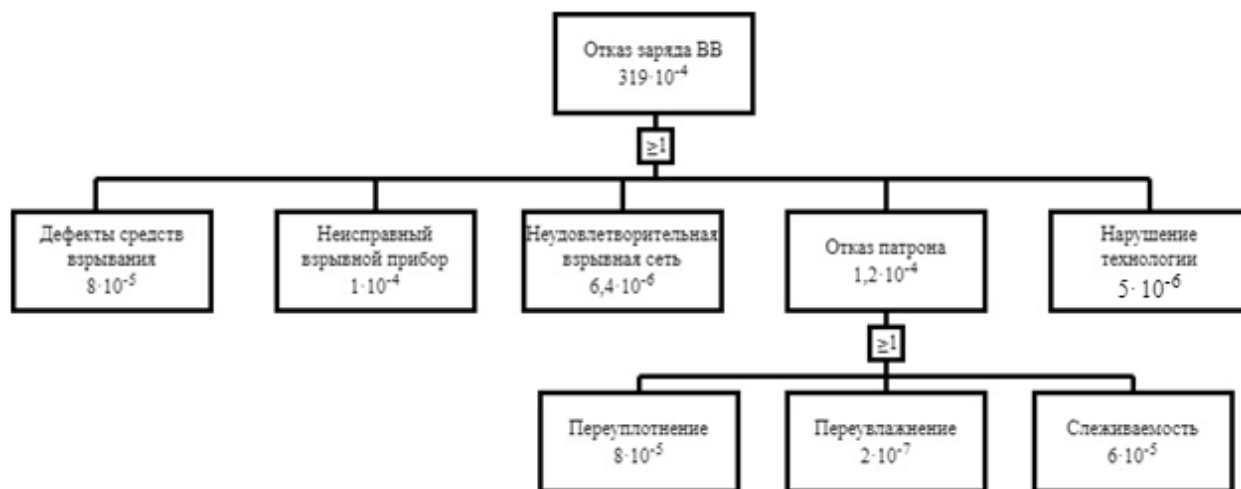


Рисунок 3 – «Дерево причин» альтернативного ВВ

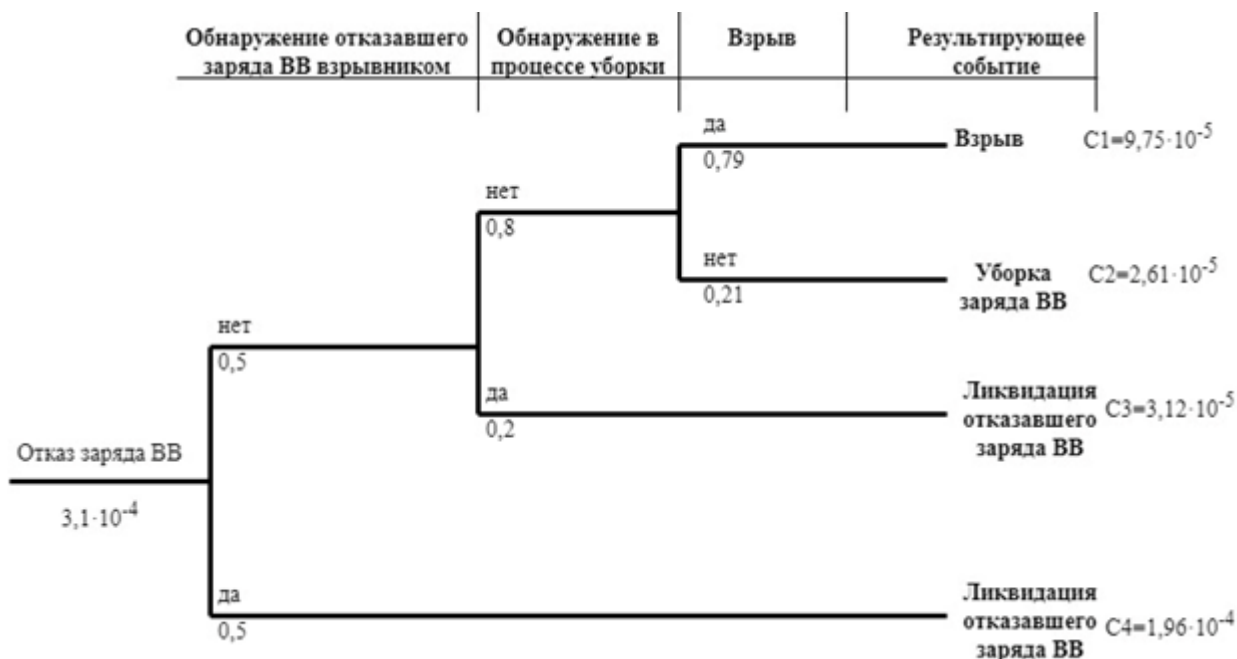


Рисунок 4 – «Дерево событий» альтернативного ВВ

При производстве взрывных работ индивидуальный риск с применением ВВ порэмит марки ПП IV-36 составит $R_{\text{инд}} = 9,847 \cdot 10^{-5}$ 1/год, снижение профриска составит 36,5 %. Предложенное мероприятие повысит уровень промышленной безопасности в части возможного преждевременного детонирования или отказов ВВ более чем на 35 % и, в зависимости от объема закупок, позволит снизить траты. Кроме того, предлагаемый тип ВВ может применяться в случае нарушения поставок аммонита ПЖВ-20. Данной работой предлагается провести опытно-промышленные испытания по оценке возможности применения нового типа ВВ в условиях нефтяных шахт.

Список литературы

1. Грункой, Т.В. Анализ социально-экономических показателей термощахной добычи высоковязкой нефти / Т.В. Грункой // I Всероссийской

научно-практической конференции «Управление устойчивым развитием топливно-энергетического комплекса»: материалы конференции (18-19 ноября 2021 г.). – Ухта : УГТУ, 2021. – С. 38-44.

2. Фомин, А.И. Комплексная оценка профессиональных рисков работников подземной группы при добыче нефти термошахтным способом / А.И. Фомин, Т.В. Грунскоой // Безопасность труда в промышленности. - 2019. - № 3 - С. 81-86.

3. Фомин, А.И Сравнительный анализ профессиональной заболеваемости на предприятиях добывающих отраслей промышленности Кемеровской области-Кузбасса и Республики Коми / А.И. Фомин, Т.В. Грунскоой // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2021. - № 1. - С. 51-56.

References

1. Grunskoy, T.V. Analysis of socio-economic indicators of thermal mining of high-viscosity oil / T.V. Grunskoy // I All-Russian Scientific and Practical Conference “Management of Sustainable Development of the Fuel and Energy Complex”: conference materials (November 18-19, 2021). – Ukhta: USTU, 2021. – P. 38-44.

2. Fomin, A.I. Comprehensive assessment of professional risks of underground group workers during oil production using the thermal mine method / A.I. Fomin, T.V. Grunskoy // Labor safety in industry. - 2019. - No. 3 - P. 81-86.

3. Fomin, A.I. Comparative analysis of occupational morbidity at enterprises of extractive industries in the Kemerovo region-Kuzbass and the Komi Republic / A.I. Fomin, T.V. Grunskoy // Bulletin of the Scientific Center for Work Safety in the Coal Industry. - 2021. - No. 1. - P. 51-56.