

Е.Б. Устименко

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ ВВ С ПРОДУКТАМИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДОГО РАКЕТНОГО ТОПЛИВА

Ye.B. Ustimenko

## COMPARATIVE FACTOR ESTIMATION OF APPLICATION OF SLURRY EXPLOSIVE WITH PRODUCTS OF UTILIZATION OF SOLID PROPELLANT

Рассмотрены вопросы безопасного применения водосодержащих ВВ с продуктами утилизации твердого ракетного топлива на основе факторной оценки соответствия критериев безопасности и свойств ВВ. Указано на необходимость критериальной оценки параметров технологического и эксплуатационного влияния на безопасность и эффективность применения эмульсионных ВВ при подрывных работах.

**Ключевые слова:** взрывчатые вещества, безопасность, продукты утилизации, твердое ракетное топливо, подрывные работы

В процессе выполнения работ, связанных с утилизацией ракетных двигателей, снаряженных смесевыми твердыми ракетными топливами (ТРТ), предусматривается их извлечение методом гидромеханического вымывания, его переработка и использование продуктов переработки ТРТ в составах эмульсионных ВВ (ЭВВ). Такие продукты переработки являются веществами с высокой теплотворной способностью и используются в составах ЭВВ в качестве энергетических добавок в количестве до 10%. При этом водоэмульсионная основа ЭВВ является флегматизирующей средой, обеспечивающей необходимые физико-химические свойства и стабильность ЭВВ с продуктами переработки ТРТ.

Учитывая долгосрочность выполнения работ, связанных с конверсионной переработкой ТРТ, использованием продуктов его переработки в промышленных ЭВВ, требуется оценка факторов безопасного использования таких ЭВВ.

Методологическая и экспериментальная оценка факторов безопасного использования ВВ, разработанная специалистами ГП „НПО „ПХЗ“, построена на анализе параметров безопасности по ряду критериев, которые характеризуют процессы изготовления и обращения с ВВ, в т.ч. при взрывных работах, а также процессы утилизации таких ВВ [1, 2].

Факторы безопасного использования тех или иных ВВ (рис. 1) разделены на факторы технической и экологической безопасности, характеризующиеся

рядом показателей, которые могут быть определены в ходе экспериментов.

При этом факторы технической безопасности характеризуются такими параметрами как чувствительность к внешним воздействиям, взрывчатые характеристики ВВ, физико-химические свойства и их стабильность. Чувствительность к внешним воздействиям характеризуется показателями по чувствительности к удару, трению, вибрации, электростатическим воздействиям, теплостойкостью, чувствительностью к инициирующему импульсу от капсюля детонатора и др. К взрывчатым характеристикам можно отнести показатели по скорости детонации, теплоте взрывчатого превращения, переходу горения в детонацию, критическому диаметру детонации, бризантности, фугасности и др.

**Целью работы** являлась оценка факторов безопасности эмульсионных ВВ марки „ЕРА-I“ и „ЕРА-II“, в составе которых имеются продукты переработки ТРТ, и ЭВВ марки „ЕРА-AL“ в составе которого нет таких продуктов, а в качестве энергетической добавки используется алюминиевый порошок.

ЭВВ марок „ЕРА-AL“, „ЕРА-I“ и „ЕРА-II“ изготавливаются с использованием смесительно-зарядных машин (СЗМ) из невзрывчатых ингредиентов (компонентов) непосредственно на местах ведения взрывных работ. В общем виде схема изготовления таких ЭВВ представлена на рис. 2. В качестве невзрывчатых ингредиентов таких ЭВВ используют

ся растворы селитр – так называемая окислительная фаза, гранулированная селитра, смеси углеводородов – горючая фаза и энергетическая добавка в виде

алюминиевого порошка или полуфабриката, содержащего продукты переработки ТРТ в виде полимерной крошки.

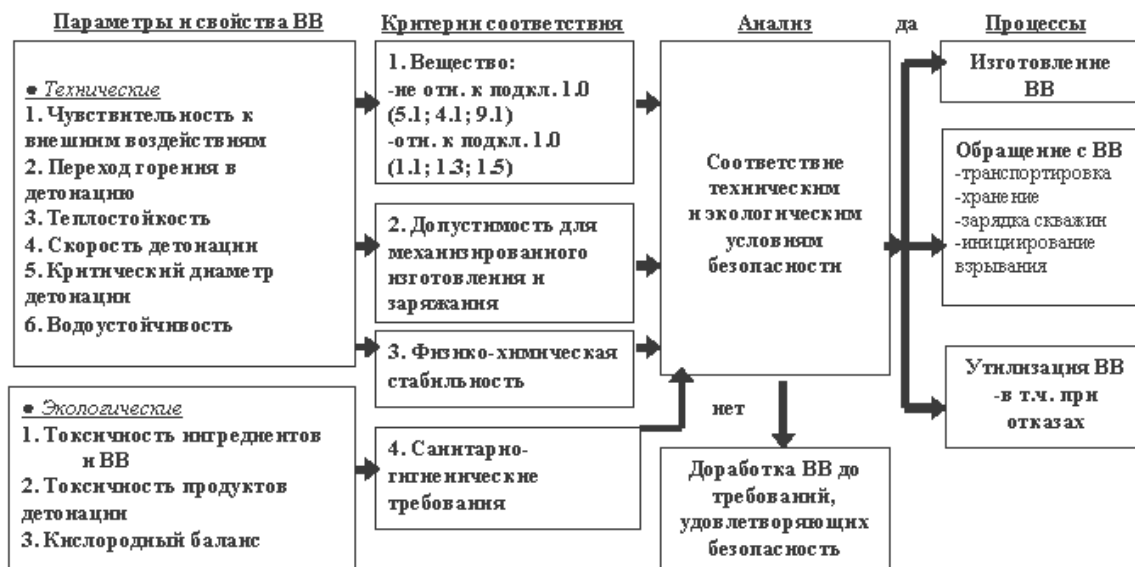


Рис. 1. Оценка факторов безопасности для ЭВВ



Рис. 2. Схема изготовления ЭВВ „ЕРА“

Экспериментальная оценка параметров и свойств веществ для оценки факторов безопасности проводилась специалистами НИИ ВЭМ ГП „НПО„ПХЗ“ как в условиях лабораторного и полигонного тестирования, так и при проведении промышленных испытаний ЭВВ марки „ЕРА“ указанных марок. Результаты выполненной оценки представлены в таблице 1.

Критериальная оценка свойств ЭВВ марки „ЕРА“ показывает, что ЭВВ „ЕРА-I“ и „ЕРА-II“, содержащие продукты переработки ТРТ, обладают характеристиками аналогичными как для ЭВВ „ЕРА-AL“, в составе которого нет продуктов переработки ТРТ. При этом аналогичными являются как технические, так и экологические параметры безопасности.

Сравнительные характеристики показывают, что ЭВВ „ЕРА“ обладают преимущественными параметрами по безопасности использования по сравнению с тротилсодержащим ВВ – граммонитом 50/50. А по такому параметру как сохранение физико-химической стабильности ВВ в скважине, несмотря

на то, что для ЭВВ он является ограниченным, то для организации и выполнения всего комплекса взрывных работ его величина является достаточной. При этом в случае отказа взрыва ВВ в скважине, уже через 10–15 дней ЭВВ теряет свойство взрываться и, соответственно, не будет представлять опасности при механизированной разборке горной массы.

Практическое использование ЭВВ при взрывных работах на карьерах как на этапе промышленных испытаний, так и в последующем показывает, что отмеченная выше критериальная оценка подтверждает факторы безопасного использования ЭВВ „ЕРА“.

Однако, опыт применения различных видов ЭВВ от различных изготовителей при механизированном заряжении в скважины диаметром менее 120 мм указывает на необходимость дополнения критериального алгоритма оценки факторов безопасности так называемыми параметрами „эксплуатационного“ влияния на сбалансированность структуры ЭВВ и сохранение оптимальных (расчетных) взрывчатых свойств ЭВВ.

Факторы безопасного использования ВВ

Наименование ЭВВ (марка)	Показатель соответствия требованиям						
	Исходные ингредиенты	Формирование свойств ВВ, подкласс ВВ	Способность механизир. изготовления и зарядки скважин	Физ.-хим. стабильность и водоустойчивость	Кислородн. баланс (КБ)	Токсичность	
ВВ						продуктов детонации и кол-во	
„ЕРА-AL“	не взрывоопасны, кл. 5.1	10–20 минут после зарядки в скважину, кл. 1.5	удовлетв.	>10 суток, (водоустойч. 5÷7 суток)	-1,5 - -0,5	3	3 (<21 л/кг)
„ЕРА-I“	не взрывоопасны, кл. 5.1	15–30 минут после зарядки в скважину, кл. 1.5	удовлетв.	>15 суток, (водоустойч. 5÷7 суток)	-0,6 - -0,2	3	3 (<12 л/кг)
„ЕРА-II“	не взрывоопасны, кл. 5.1	15–30 минут после зарядки в скважину, кл. 1.5	удовлетв.	>15 суток, (водоустойч. 5÷7 суток)	-0,6 - -0,2	3	3 (<12 л/кг)
Граммонит 50/50	взрывоопасны, кл. 1.1 (TNT)	ВВ при изготовлении, кл. 1.5	удовлетв. для гравитац. методов	Стабильная смесь (водоустойч. >10 суток)	-27 - -30,0	2	2 (>320 л/кг)

К таким параметрам можно отнести:

- 1) сохранение стабильности соотношений компонентов (ингредиентов) в составе ЭВВ;
- 2) стабильность физико-химической структуры ЭВВ и сплошности зарядов ЭВВ;
- 3) соответствие условий применения (взрывания) ЭВВ особенностям физико-химических свойств ЭВВ.

Влияющими на эти параметры факторами будут такие эксплуатационные условия как: особенность механизированного изготовления эмульсионных смесей и их зарядание в скважины, длительность нахождения ЭВВ в скважинах и их контакт со средой, условия инициирования ЭВВ, структура горного массива и скважин и т.д., которые представлены на рис. 3.

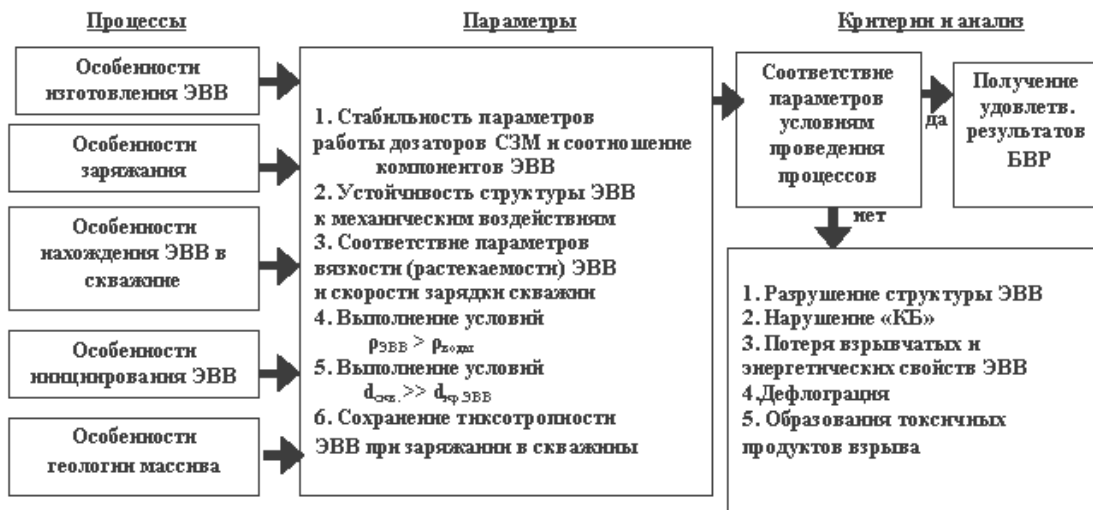


Рис. 3. Эксплуатационные факторы влияния на безопасность и эффективность применения ЭВВ

Игнорирование влияния этих факторов может привести к преждевременному разрушению структуры ЭВВ, изменению соотношений между окислительной и горючей фазой и, как следствие, потере взрывчатых свойств ЭВВ, прерыванию детонации, переходу к дефлаграционным процессам, ухудшению энергетических свойств, нарушению кислородного

баланса, образованию большего количества токсичных продуктов детонации.

При изготовлении и применении ЭВВ марки „ЕРА“, как с продуктами переработки ТРТ, так и без них, была проведена оценка „эксплуатационных“ факторов влияния на безопасность их применения. В ходе такой оценки подтверждено сохранение ста-

бильности соотношений ингредиентов ЭВВ при механизированном изготовлении и зарядании в скважины с использованием СЗМ типа UMS.

Как показывает опыт применения различных видов ЭВВ, изменение соотношения между окислительной и горючей фазами эмульсии, вследствие ошибок оператора, нестабильности в работе дозаторов СЗМ, приводит к образованию ЭВВ, имеющих кислородный баланс, отличающийся от оптимального. Соответственно ухудшаются энергетические и взрывчатые свойства ЭВВ, образуются токсичные продукты детонации (рис. 4). Также при зарядании ЭВВ, имеющих критический диаметр детонации,

близкий к диаметру скважины, возможно прерывание детонации ЭВВ и возникновение дефлаграционных процессов, которые также сопровождаются образованием токсичных продуктов от неполного окисления горючих компонентов и снижением взрывчатых характеристик. Аналогичная ситуация обнаруживается при зарядании в скважины с сильной трещиноватостью ЭВВ с малой вязкостью и низкой текучестью – в этом случае ЭВВ в трещинах выгорает с образованием большого количества токсичных продуктов. Все это приводит к ухудшению параметров взрыва и, соответственно, к ухудшению качества дробления горной массы.

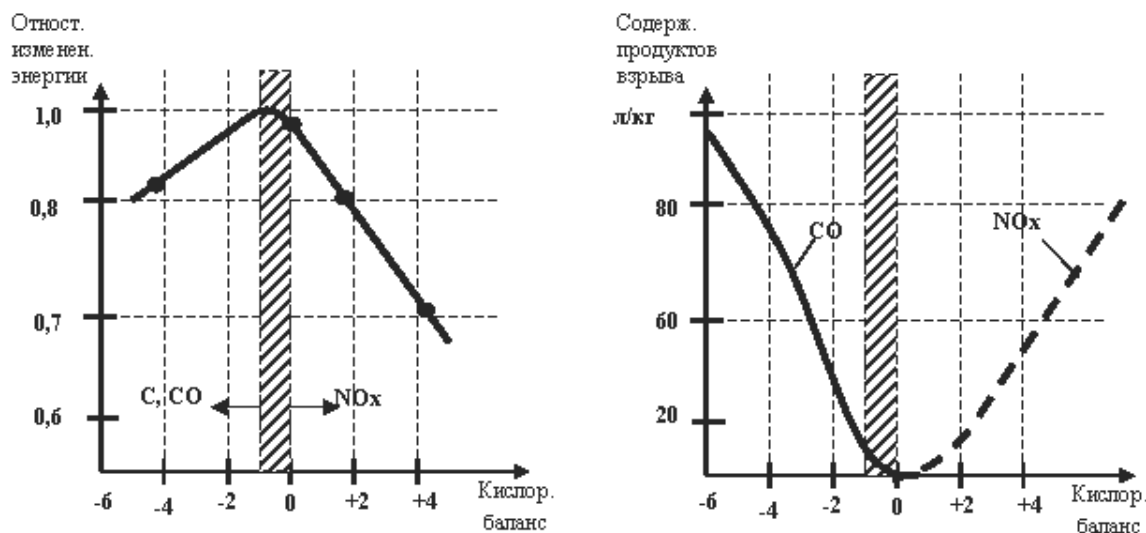


Рис. 4. Влияние отклонения параметра кислородного баланса на энергетические показатели ВВ и содержание токсичных продуктов взрыва

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлено, что ЭВВ, содержащие продукты переработки ТРТ, обладают характеристиками аналогичными ЭВВ „ЕРА-AL“, в составе которого нет продуктов переработки ТРТ. При этом сопоставимыми являются как технические, так и экологические параметры безопасности.

Подтверждена стабильность структуры ЭВВ с продуктами переработки ТРТ и соответствующие реологические характеристики, обеспечивающие сплошность колонки заряда ЭВВ в скважине. Все это позволяет в полной мере реализовать энергетический потенциал таких ЭВВ с расходом на взрывание горной массы от 0,6 до 1,0 кг/м<sup>3</sup> (в зависимости от крепости пород), при низком содержании токсичных веществ в продуктах детонации (менее 1%).

**Список литературы**

1. Устименко Е.Б., Шиман Л.Н. Технические аспекты использования ВМ, извлеченных из боеприпасов и ракет, для приготовления промышленных ВВ // Современное состояние проблемы, перспективы развития: Сб. докл. междунар. конф., 09–10 дек. 2006 г. – Павлоград, 2006. – С. 20–24.
2. Устименко Е.Б., Шиман Л.Н., Устименко М.А. Некоторые подходы в области обеспечения безопасно-

сти при использовании боеприпасов и ракет // Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов: Сб. докл. междунар. конф., 19–21 сент. 2007 г. – Красноармейск, 2007. – С. 203–211.

Розглянуто питання безпечного застосування водомістких ВР з продуктами утилізації твердого ракетного палива на основі факторної оцінки відповідності критеріїв безпеки й властивостей ВР. Вказано на необхідність критеріальної оцінки параметрів технологічного й експлуатаційного впливу на безпеку та ефективність застосування емульсійних ВР при підривних роботах.

**Ключові слова:** вибухові речовини, безпека, продукти утилізації, тверде ракетне паливо, підривні роботи

It has been considered the problem of safe use of slurry explosive with solid propellant utilization products in terms of factor analysis regarding compliance of safe criteria and properties of explosives. Necessity of parameters criterion analysis of processing and operating effects on emulsion explosives safety and efficiency during blasting has been pointed out.

**Keywords:** explosives, safety, products of utilization, hard rocket fuel, blasting works

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голіньком 06.03.10