

ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКИХ ДЕТОНАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКВАТОЛОВ В УДЛИНЕННЫХ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДАХ РЫХЛЕНИЯ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ СОСТАВОВ

Одной из основных проблем эффективного применения водосодержащих ВВ (ВВВ) в различных горно-геологических условиях и особенно при взрывании обводненных массивов является стабильность зарядов акватола.

При смешивании горячего раствора окислителя (ГРО) в смесительно-зарядных машинах с гранулированным или чешуирующим тротилом последний, имея плотность гранул $\rho = 1,48 \div 1,5 \text{ г/см}^3$, не может удерживаться во взвешенном состоянии во взрывчатой смеси, так как плотность ГРО не превышает $1,4 \text{ г/см}^3$. Вследствие этого происходит расслаивание водонаполненного ВВ, которое приводит к изменению энергетических и детонационных характеристик ВВВ, к ухудшению проработки подошвы, увеличению выхода негабарита.

Известно, что при использовании в качестве загустителя ПАА отмечается довольно резкое расслоение состава типа Т-20Г*. Так, в нижней части скважины высотой 2-3 м состав имеет наибольшую плотность ($\rho = 1,45 \div 1,5 \text{ г/см}^3$) и содержит 40-80 % тротила и раствор окислителя, содержание аммиачной селитры в котором достигает 10-30 %. В то же время в верхней части скважины (3-5 м) заряд ВВ состоит из раствора окислителя (40-80 %), 5-13 % тротила и 10-15 % воды. Плотность заряда ВВВ в этой части скважины не превышает $1,2-1,33 \text{ г/см}^3$ (рис.1). Уменьшение плотности заряда ВВВ в верхней части заряда, по сравнению с исходной плотностью ГРО ($1,4 \text{ г/см}^3$), связано с частичным перемешиванием раствора окислителя с вытесняемой скважинной водой при зарядании под столб воды.

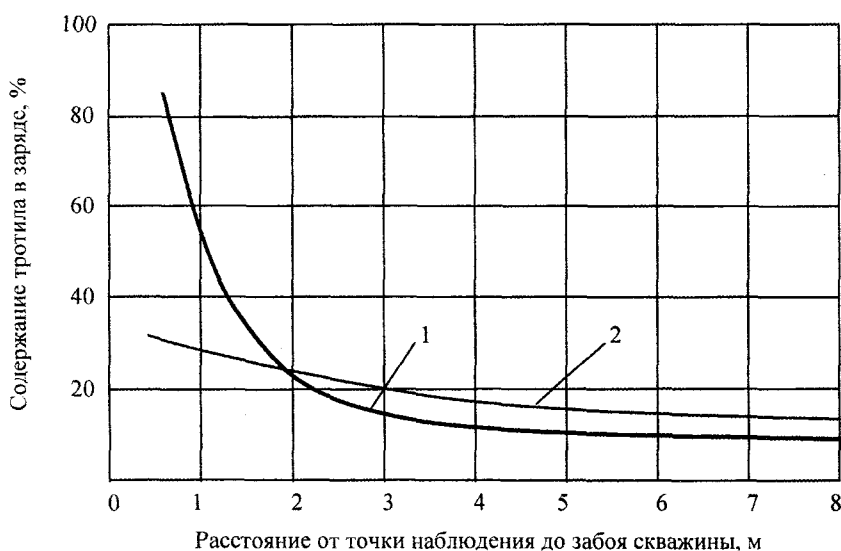


Рис.1. Зависимость содержания тротила в ГЛТ-20ГМ (1) и ГЛТ-20ГК (2) от расстояния от исследуемой точки до забоя скважины

Аквадол Т-20ГК обладает существенно более высокой физической однородностью, стабильностью, чем аквадол Т-20ГМ, поэтому и качество взрывания при использовании акватола Т-20ГК гораздо выше. Это было подтверждено в результате промышленных испытаний — применение кремнегелевого загустителя взамен органического позволило расширить сетку скважин в трудновзрываемых массивах на карьерах ОАО «Карельский окатыш» с $6 \times 6 \text{ м}$ до $7 \times 7 \text{ м}$.

* Кутузов Б.Н. Опыт применения водосодержащих ВВ местного изготовления / Б.Н.Кутузов, С.Х.Абсаров, А.Г.Гончаров // Горный журнал. 1996. № 3.

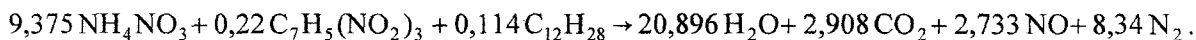
Очевидно, что для акваторов Т-10МС и Т-8М характерно аналогичное расслоение компонентов. Так как в составах Т-10МС и Т-8М используется жидкая горючая компонента – индустриальное масло (2-2,8 %), можно предположить, что в верхней части скважины эта компонента частично «отслаивается» от состава и всплывает на поверхность раствора ГРО.

Рассмотрим, как будут изменяться взрывчатые характеристики акватора Т-10МС при расслаивании. Согласно ТУ состав акватора Т-10МС следующий: 73-79 % аммиачной селитры (в составе ГРО), 8-12 % гранулола, 2-2,8 % индустриального масла, 1,5-2,5 % аммиачной селитры (гранулированной) и 8-10 % золя кремниевого. Рассматривая золь кремниевый как инертную добавку и принимая, что в составе ГРО до 10-15 % воды, для расчетов приняты следующие параметры твердых компонент и жидкой горючей добавки (индустриальное масло):

Компонент	Аммиачная селитра (АС)	Тротил (ТНТ)	Индустриальное масло (НП)	Вода (жидкая фаза)
Химическая формула	NH_4NO_3	$\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	H_2O
Молекулярная масса	80	227	170	18
Теплота образования, кДж/кг	354,8	56,6	2100	282,5

Для составления реакций взрывного разложения ВВ с отрицательным кислородным балансом ($K_6 < 0$) используется метод Бринкли – Вильсона, который предусматривает для ВВ, не содержащих алюминий, первоначальное окисление водорода в воду ($\text{H} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$), углерода в окись углерода ($\text{C} \rightarrow \text{CO}$) и последующее доокисление CO в двуокись углерода – углекислый газ (CO_2).

Энергия взрыва рассчитывалась для составов, оказывающихся при расслаивании исходного ВВВ в различных частях колонки заряда (табл.1). Для составов 1, 6 и 7, характерных для верхней части скважинного заряда, кислородный баланс больше нуля ($K_6 > 0$), что приводит при детонации такого состава к образованию ядовитых оксидов азота:



Для нижних частей зарядов (составы 3 и 4) характерен отрицательный K_6 , имеющий максимальное значение в данной части заряда (например, для состава 4 $K_6 = -23,2\%$), и реакция взрывного разложения имеет вид

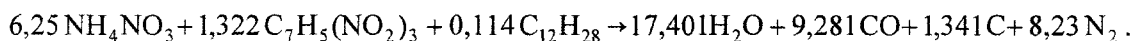
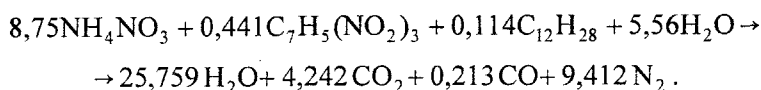
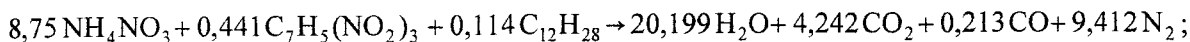


Таблица 1

Расчет кислородного баланса

Номер состава	Процентное содержание компонентов ВВ, %				Кислородный баланс K_6 , %	Элементарная (брутто) формула ВВВ
	АС	ТНТ	НП	H_2O		
1	75	5	2,5	–	+5,3	$\text{C}_{2,908}\text{H}_{41,792}\text{N}_{19,41}\text{O}_{29,445}$
2	70	10	2,5	–	–0,412	$\text{C}_{4,455}\text{H}_{40,397}\text{N}_{18,823}\text{O}_{28,896}$
3	60	20	2,5	–	–11,8	$\text{C}_{7,535}\text{H}_{37,597}\text{N}_{17,643}\text{O}_{27,786}$
4	50	30	2,5	–	–23,2	$\text{C}_{10,622}\text{H}_{34,802}\text{N}_{16,466}\text{O}_{26,682}$
5	70	10	2,5	10	–0,368	$\text{C}_{4,455}\text{H}_{51,517}\text{N}_{18,823}\text{O}_{34,456}$
6	70	5	–	17,5	+11,79	$\text{C}_{1,54}\text{H}_{55,544}\text{N}_{18,16}\text{O}_{37,292}$
7	60	5	–	27,5	+8,98	$\text{C}_{1,54}\text{H}_{61,656}\text{N}_{15,66}\text{O}_{39,098}$

Составы 2 и 5 соответствуют рецептуре акватора Т-10МС. Для этих составов реакции взрывного разложения без учета воды в составе ГРО и с учетом этого фактора имеют вид соответственно



Принимая, что в средней части скважинного заряда процентное соотношение компонент соответствует ТУ на акватола Т-10МС и что эта часть заряда обладает максимальными энергетическими характеристиками, рассчитан относительный КПД различных условно выделенных четырех частей скважинного заряда (составы 1-4).

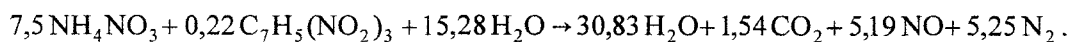
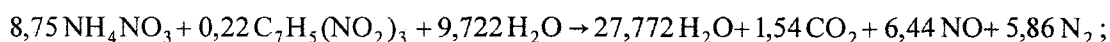
Как видно из приведенных в табл.2 данных, у состава 1, характерного для верхней части заряда, энергия взрыва на 20 % ниже номинальной, для нижних частей заряда энергия взрыва на 10 % (состав 3) и 15 % (состав 4) ниже номинального, определенного для акватола Т-10МС (рис.2, а).

Таблица 2

Расчет энергии взрыва

Номер состава	Теплота взрыва, кДж/кг	Объем продуктов взрыва, м ³	η
1	3228,086	0,948	0,799
2	4039,71	0,926	1,0
3	3601,54	0,973	0,892
4	3439,30	0,949	0,851
5	4043,71	0,96	1,0
6	2008,57	1,01	0,497
7	1784,24	1,04	0,442

Кроме того, для верхней части скважинного заряда, где наблюдается «разбавление» водой раствора ГРО (в расчетах принято увеличенное содержание воды: в составе 6 до 17,5 %, в составе 7 до 27,5 %) и возможное расслоение жидкой компоненты (индустриального масла), реакции взрывного разложения могут иметь вид для составов 6 и 7 соответственно



В обоих случаях образуется значительное количество оксида азота (14-16 % от общего объема газообразных продуктов взрыва).

Относительный КПД таких составов по отношению к номинальному значению энергии взрыва акватола Т-10МС составляет 44-50 % (рис.2, б) при этом объемная концентрация энергии еще ниже в сравнении с номинальной с учетом «разбавления» раствора ГРО до плотности 1,2-1,33 г/см³.

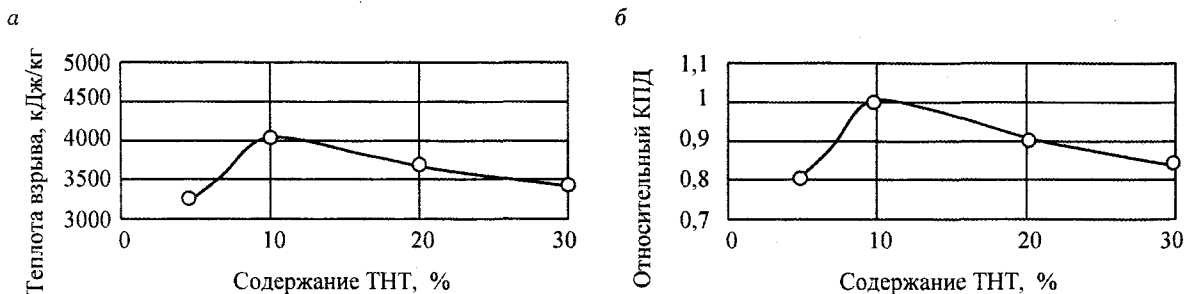


Рис.2. Зависимость энергии взрыва (а) и относительного КПД (б) акватола Т-10МС от процентного содержания ТНТ

Выводы

1. На параметры взрыва существенное влияние оказывает качество приготовленного ВВВ. Результатом несоответствия фактических характеристик ВВ расчетным является выделение при взрыве большого количества оксидов азота. Как правило, при взрыве таких зарядов качество дробления массива неудовлетворительное.

2. При расслоении заряда потери потенциальной энергии ВВВ могут достигать 50 %, что приводит к существенному ухудшению степени дробления, повышению вывода негабарита, завышению подошвы, выделению большого количества ядовитых оксидов азота (до 14-16 % от общего объема газообразных продуктов взрыва).

3. Предложенная методика оценки относительной работоспособности ВВ позволяет определить рациональные условия применения для любого типа ВВ с учетом корректировки расчетного удельного расхода и соответствующего изменения параметров БВР.