

УДК 622.235.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВА УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ ГРАММОНИТОВ

И.В. Тимошин, инж. (ОАО "Взрывпром Юга Кузбасса", РФ)

Наведено результати розрахунку параметрів вибуху граммонітів, які являють собою механічну суміш гранульованої аміачної селітри, нафтопродукту, лускоподібного тротилу, вугільного порошку та загушої домішки.

Углесодержащие граммониты марок ТК (ТК-5, ТК-10, ТК-15) и ТКЗ (ТКЗ-5, ТКЗ-10, ТКЗ-15) представляют собой, согласно ТУ 84-08628424-731-99, механическую смесь гранулированной аммиачной селитры (АС) с жидким нефтепродуктом, чешуируванным тротилом (ТНТ), угольным порошком (УП) и (только для марки ТКЗ) загущающей добавкой (ЗД).

При расчетах термодинамических параметров углесодержащих граммонитов использовалась методика [1]. Полагается, что при наличии пустот между частицами взрывчатых веществ (ВВ) при взрыве, еще до разрушения взрывных камер, продукты взрыва (ПВ) несколько расширяются, а закалка равновесия в них происходит еще позже в результате резкого охлаждения ПВ в процессе совершаемой взрывом работы. Поэтому образующиеся при взрыве ПВ, в зависимости от плотности ВВ и условий заделки равновесия, занимают по составу и содержанию промежуточное положение между ПВ от реакций взрывчатого превращения по принципам максимального тепловыделения (реакции I типа) и максимального газовыделения (реакции II типа).

При составлении уравнений реакций с максимальным тепловыделением принимался следующий порядок распределения кислорода на образование продуктов реакции. В первую очередь кислород расходуется на образование воды, а затем – двуокиси углерода. Образование окиси углерода исключалось, так как реакция $2CO \rightarrow CO_2 + C$ сопровождается выделением тепла. При составлении уравнений реакций с образованием максимального объема газов кислород расходуется в первую очередь на окисление всего углерода до его окиси. Остальное количество кислорода распределялось на окисление водорода и окиси углерода с учетом равновесия водяного газа при температуре взрыва, что обеспечивало в этих условиях наряду с максимальным газообразованием и наибольшее тепловыделение. Детонационные параметры рассчитывались по известным формулам [2].

В таблице приведены значения термодинамических параметров взрыва граммонитов марок ТК и ТКЗ в сухом (числитель) и водонаполненном (15 % воды сверх 100 % массы сухих компонентов, знаменатель) состояниях, являющиеся средними арифметическими значениями параметров, рассчитанных по реакциям I и II типов.

Параметры взрыва углесодержащих граммонитов

Марка ВВ		ТК-5	ТК-10	ТК-15	ТКЗ-5	ТКЗ-10	ТКЗ-15
Состав ВВ, %	ТНТ	5,0	10,0	15,0	5,0	10,0	15,0
	АС	91,0	86,6	81,5	90,3	85,3	79,5
	ДТ	3,3	2,0	1,5	3,3	2,0	1,5
	УП	0,7	1,4	2,0	0,7	1,4	2,0
	ЗД	0	0	0	0,7	1,3	2,0
Кислородный баланс, %		<u>+1,15</u> +0,94	<u>-0,79</u> -0,51	<u>-5,35</u> -4,78	<u>+0,42</u> +0,31	<u>-2,04</u> -1,59	<u>-6,99</u> -6,79
Кислородный коэффициент α_k		<u>1,02</u> 1,02	<u>0,99</u> 0,99	<u>0,91</u> 0,93	<u>1,01</u> 1,01	<u>0,96</u> 0,97	<u>0,89</u> 0,9
Макс. теплота взрыва Q_{\max} , кДж/кг		<u>3862</u> 3061	<u>4085</u> 3244	<u>4149</u> 3301	<u>4044</u> 3172	<u>4129</u> 3297	<u>4195</u> 3422
Фугасная теплота взрыва Q_f , кДж/кг		<u>3862</u> 3061	<u>4039</u> 3238	<u>4078</u> 3237	<u>4044</u> 3172	<u>4102</u> 3275	<u>4126</u> 3331
Детонационная теплота взрыва Q_d , кДж/кг		<u>3485</u> 2829	<u>3634</u> 2970	<u>3569</u> 2962	<u>3633</u> 2922	<u>3633</u> 2999	<u>3575</u> 3039
Дефлаграционная теплота взрыва Q_b , кДж/кг		<u>377</u> 232	<u>405</u> 268	<u>509</u> 275	<u>411</u> 250	<u>469</u> 276	<u>551</u> 292
Объем газов взрыва V_0 , л/кг		<u>948</u> 987	<u>926</u> 965	<u>916</u> 959	<u>940</u> 983	<u>921</u> 962	<u>906</u> 956
Температура взрыва T , К		<u>2815</u> 2354	<u>2813</u> 2461	<u>2782</u> 2482	<u>2855</u> 2406	<u>2966</u> 2479	<u>3016</u> 2501
Теплоемкость ПВ при постоянном объеме C_v , Дж/моль·К		<u>32,4</u> 29,52	<u>34,82</u> 30,48	<u>35,29</u> 29,95	<u>32,57</u> 30,0	<u>33,37</u> 30,56	<u>32,91</u> 30,37
Показатель адиабаты γ		<u>1,26</u> 1,28	<u>1,24</u> 1,27	<u>1,23</u> 1,27	<u>1,25</u> 1,28	<u>1,25</u> 1,27	<u>1,25</u> 1,27
Показатель политропы n		<u>2,23</u> 2,71	<u>2,23</u> 2,71	<u>2,24</u> 2,7	<u>2,24</u> 2,71	<u>2,24</u> 2,71	<u>2,24</u> 2,71
Начальное давление ПВ p_1 , ГПа		<u>0,909</u> 1,247	<u>0,887</u> 1,270	<u>0,886</u> 1,269	<u>0,914</u> 1,269	<u>0,93</u> 1,275	<u>0,931</u> 1,273
Плотность ВВ, кг/м ³		<u>900</u> 1418	<u>900</u> 1414	<u>900</u> 1408	<u>900</u> 1418	<u>900</u> 1414	<u>900</u> 1408
Скорость идеальной детонации $D_{ид}$, м/с		<u>5360</u> 6533	<u>5390</u> 6588	<u>5388</u> 6559	<u>5412</u> 6595	<u>5404</u> 6605	<u>5389</u> 6609
Давление идеальной детонации $p_{ид}$, ГПа		<u>8,24</u> 15,21	<u>8,38</u> 15,59	<u>8,37</u> 15,38	<u>8,49</u> 15,64	<u>8,45</u> 15,71	<u>8,38</u> 15,74
Скорость реальной детонации D , м/с		<u>3076</u> 4551	<u>3145</u> 4615	<u>3161</u> 4594	<u>3147</u> 4600	<u>3170</u> 4631	<u>3179</u> 4634
Давление реальной детонации $p_ж$, ГПа		<u>2,636</u> 7,916	<u>2,756</u> 8,117	<u>2,776</u> 8,031	<u>2,751</u> 8,008	<u>2,791</u> 8,174	<u>2,807</u> 8,15

Число в обозначении марки граммонита указывает на процентное содержание тротила во взрывчатой смеси. Из анализа данных таблицы следует, что с увеличением содержания ТНТ с 5 до 15 % и угольного порошка с 0,7 до 2,0 % при соответствующем снижении содержания АС и нефтепродукта происходит уменьшение величины кислородного баланса смеси – от положительного значения для марок ТК-5 и ТКЗ-5 до отрицательных значений для остальных марок. Это является следствием снижения содержания окислителя (АС) в составе ВВ.

В то же время с увеличением содержания в смеси мощного ВВ (ТНТ) фугасная теплота взрыва растет, хотя и не достигает теплоты взрыва граммонита 79/21, равной 4312 кДж/кг.

С ростом фугасной теплоты взрыва растет и величина дефлаграционной составляющей Q_i , что свидетельствует о возрастании роли вторичных химических реакций с понижением кислородного коэффициента взрывчатой смеси.

Введение в состав граммонитов загушающей добавки приводит к некоторому снижению кислородного баланса смеси, повышению фугасной и дефлаграционной составляющих теплоты взрыва, что является следствием снижения кислородного коэффициента.

Увеличение содержания ТНТ в смеси приводит к уменьшению коэффициента реализации энергии взрыва (отношение фугасной Q_i к максимальной Q_{max} теплоте взрыва).

Водонаполнение составов при содержании ТНТ 5 и 10 % практически не влияет на кислородный баланс ВВ, а для граммонитов марок ТК-15 и ТКЗ-15 даже повышает его. При этом происходит значительное снижение фугасной теплоты взрыва. Соответственно снижаются величины детонационной Q_d и дефлаграционной Q_i составляющих.

Следует отметить, что в водонаполненных взрывчатых составах (ВВВ) роль вторичных реакций несколько меньше, чем у сухих. Это может быть следствием более высокой плотности ВВВ, что затрудняет протекание вторичных химических реакций после прохождения детонационной волны.

С повышением содержания ТНТ в смесях объем газов взрыва несколько снижается.

Интересно отметить, что при взрыве граммонитов марок ТК теплоемкость ПВ и, следовательно, их температура незначительно снижается с увеличением содержания ТНТ, что в сочетании с уменьшением газовыделения приводит к уменьшению начального давления ПВ p_1 . При взрыве же граммонитов марок ТКЗ увеличение содержания ТНТ приводит к заметному росту температуры ПВ, что компенсирует снижение газовыделения и приводит к незначительному росту величины давления p_1 .

Значительное влияние на газовыделение при взрыве углесодержащих граммонитов оказывает водонаполнение составов. Удельный объем газов существенно растет, хотя температура ПВ при этом резко падает. При этом рост удельного объема газообразных ПВ в сочетании с высокой плотностью ВВ приводит в итоге к значительному росту начального давления p_1 .

Из анализа детонационных параметров углесодержащих граммонитов следует, что содержание ТНТ в смесях мало влияет на скорость их детонации. Граммониты марок ТКЗ имеют несколько большую скорость детонации и детонационное давление, чем граммониты марок ТК.

Значительно повышается как скорость детонации, так и детонационное давление при водонаполнении зарядов, что является следствием повышения плотности ВВ.

Приведенные результаты расчетов могут быть использованы для оценки технической эффективности ВВ и определения рациональной области их применения.

1. Светлов Б.Я., Солнцева Р.Н., Павлов А.Г. О работоспособности водонаполненных ВВ, содержащих алюминий // ФТПРПИ. – 1970. – № 3. – С. 69–77.

2. Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. – М.: Недра, 1982. – 358 с.

УДК 539.319:622.231

ДИНАМІЧНИЙ СПОСІБ УЩІЛЬНЕННЯ ЗОЛОШЛАКОВОЇ СУМІШІ У КАРСТОВИХ ПРОВАЛАХ ТА ГРУНТУ ЗА ЙОГО МЕЖАМИ

**В.Г. Кравець, докт. техн. наук (НТУУ “КПІ”, ІЕЕ),
Р. Р. Самедова, інж. (ІГМ НАН України)**

Уплотнение трамбуемой плитой золошлаковой смеси, заполняющей карстовый провал, можно рассматривать как инерционную упруго-вязкопластическую среду, деформационная модель которой может быть представлена системой уравнений, учитывающей нелинейное уплотнение, зависящее от скорости деформации смеси.

Для досягнення необхідного ступеня ущільнення золошлакової суміші, яка заповнює порожнину карстового провалу, а також ґрунту за його межами за рахунок розширення суміші при трамбуванні необхідно визначити оптимальні параметри ущільнювального устаткування і трамбувальних плит. Розв'язання цього питання можливе за умови встановлення залежності між параметрами трамбувальних плит (вагою, площею основи, швидкістю удару) і результатами їхнього впливу на ущільнюваний шар золошлакової суміші. Утворення залишкових деформацій при ущільненні золошлакової суміші в карстових провалах і ґрунту за його межами залежить від багатьох факторів: деформаційних властивостей суміші та її фізичного стану, товщини