

А. С. Смирнов, А. Б. Терентьев, В. К. Мингазова,
Н. С. Сонин, Д. А. Питайкин, А. Р. Нигметьянов

О ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАЛОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ПОРОХАХ

Ключевые слова: энергоемкие композиции, взрывчато-энергетические характеристики, критическое давление инициирования детонации.

В статье представлены результаты расчета взрывчато-энергетических характеристик штатных и опытных порохов, а также критического давления инициирования детонации. Дана оценка штатным и опытным порохам по критерию и безопасности.

Keywords: *highpowermaterials, explosive-power characteristics, the critical pressure of the detonation initiation.*

The article presented the calculation results of explosive and power characteristics of regular and experimental gunpowder and critical pressure of initiation a detonation. The assessment to regular and experimental gunpowder is given by criterion of firmness and safety.

Необходимость повышения скорости полета снарядов и их бронепробиваемость требует разработки новых порохов и метательных зарядов с более высокими энергетическими характеристиками. Существующий уровень энергетических, баллистических и эксплуатационных показателей отечественных порохов пироксилинового и баллиститного типа в настоящее время не в полной мере удовлетворяет требуемому уровню тактико-технических характеристик перспективных артиллерийских систем, развитие которых выдвигает на первый план вопросы повышения энергетики, прочности к ударным нагрузкам в широком температурном диапазоне эксплуатации при одновременном уменьшении уязвимости, температурного коэффициента давления и скорости горения пороха.

Основным направлением повышения баллистической эффективности метательных зарядов является создание высокоэнергетических порохов за счет введения в их состав в качестве наполнителей мощных взрывчатых веществ [1, 2]. Однако повышение энергетики, как правило, приводит к снижению стойкости составов к внешним возмущающим воздействиям и соответствующему снижению эксплуатационной безопасности метательных зарядов.

Одним из основных критериев, отвечающих за стойкость и безопасность энергонасыщенных материалов (ЭНМ), к которым относятся пороха, является критическое давление инициирования детонации $P_{кр}$ [1]. Пороговым уровнем, по оценке экспертов, является давление инициирования, равное 35÷40 кбар. Экспериментальное определение значений данного параметра является весьма трудоемкой задачей. Появление в последнее время ряда работ [3, 4], посвященных исследованиям зависимости взрывчато-энергетических характеристик ЭНМ от их первичных свойств (природа компонентов, состав ЭНМ, теплоты образования и т.п.), позволяет теоретически оценить значения $P_{кр}$ для штатных и перспективных рецептур нитроцеллюлозных порохов.

Расчетные формулы, привлеченные для расчета критического давления инициирования детонации $P_{кр}$, представлены ниже [4]:

$$P_{кр} = (\rho \cdot B)^{2,732} Q_{\max BB}^{-1,534} \alpha^{-1,105} - 5,$$

где ρ – плотность ЭНМ; B – содержание г-атомов химических элементов в 1 кг состава; α – коэффициент избытка окислителя; $Q_{\max BB}$ – максимальная теплота горения (взрыва) для данного состава;

$$Q_{\max BB} = Q_{pvBB} + \Delta H_{см},$$

Где Q_{pvBB} – максимальное энергосодержание продуктов горения (взрыва); $\Delta H_{см}$ – энтальпия образования состава.

В табл. 1 приведены опытные составы (ОС) энергоемких композиций, изготовленных на основе штатных баллиститных и пироксилиновых порохов.

Таблица 1 – Опытные составы энергоемких композиций

№ п/п	Компоненты пороха	Содержание компонентов в опытных составах, %						
		ОС-1	ОС-2	ОС-3	ОС-4	ОС-5	ОС-6	ОС-7
1	НЦ	51	46	56	56	56	56	53
2	НГЦ	25	25	22	16,5	16,5	16,5	19,5
3	ДНТ	9	9	9	9	9	9	9
4	ДФБ	6	6	4	4,5	4,5	4,5	4,5
5	Центра-лит	3	3	3	3	3	3	3
6	Вазелин	1	1	1	1	1	1	1
7	Тротил		5	5			5	5
8	Гексоген	5	5					
9	Октоген				10			5
10	Полимер					10	5	

В таблицах использованы следующие сокращения: НЦ – нитраты целлюлозы; НГЦ – нитроглицерин; НДГ – дигликольдинитрат; ДНТ – динитротолуол; ДБФ – дибутилфталат; ДФА – дифениламин; СЭР – спирто-эфирный растворитель.

В составы опытных энергоемких композиций вместо некоторой части привычных компонентов введены либо бризантные ВВ (гексоген, октоген, тротил), либо инертная связка (полимер). В некоторых рецептурах присутствует и то, и другое.

Результаты расчета взрывчато-энергетических характеристик штатных порохов и

опытных составов сведены в таблице 2, где T_1 – температура горения; $Q_{v(ж)}$ – теплота горения; W_1 – удельный объем продуктов горения; f – сила пороха. Эти характеристики рассчитаны по известным методикам [5]. Для расчета критического давления инициирования детонации использовалось выражение, приведенное выше.

Анализ полученных результатов говорит о том, что все рассматриваемые штатные пороха не удовлетворяют критерию стойкости и безопасности. Значения $P_{кр}$ для них значительно ниже порогового уровня. Введение некоторых компонентов в состав штатного пороха, таких, как полимерная связка, тротил, может значительно повысить $P_{кр}$, однако при этом практически всех случаях существенно снижаются характеристики боевой эффективности составов.

Таблица 2 – Взрывчато энергетические характеристики энергоемких композиций

№ п/ п	Энергоемкие композиции	Характеристики				
		T_1 , К	$Q_{v(ж)}$, кДж/кг	W_1 , л/кг	f , Дж/кг	$P_{кр}$, кбар
Штатные пороха						
1	НДТ-2	2492	3015	1039	960997	23,6
2	НДТ-3	2629	3241	1017	992290	22,1
3	НДТ-4	2763	3467	995	1020276	20,6
4	Н	2914	3710	966	1045485	19,2
5	АПЦ	3040	4507	998	1125190	23,6
6	ПП	2824	3650	947	992816	14,4
7	ДГ	2754	3636	1004	1027591	12,9
Опытные составы						
8	ОС-1	2568	3132	1038	989210	23,7
9	ОС-2	2547	3058	1045	987911	24,9
10	ОС-3	2621	3218	1020	992543	23,2
11	ОС-4	2480	2979	1038	955714	25,5
12	ОС-5	2318	2748	1066	917797	77,0
13	ОС-6	2432	2983	1055	952498	68,1
14	ОС-7	2480	2950	1040	957201	25,5

Результаты расчетов показывают, что существует возможность получения порохов с

высоким уровнем стойкости и безопасности даже без большого ущерба для эффективности, однако для этого необходимо расширить поиск новых компонентов.

Литература

1. Мадякин, Ф. П. Применение порошкообразных эластомеров в пиротехнических составах, твердых топливах, пластичных и эластичных взрывчатых веществах / Ф. П. Мадякин, Р. Ш. Гарифуллин, Н. А. Тихонова, А. С. Сальников [и др.] // Вестник КТУ. - № 7. – 2010. – С. 430-436.
2. Валишина, З. Т. Структура и свойства новых типов азотнокислых эфиров целлюлозы / З. Т. Валишина, А. В. Косточко, О. Т. Шипина, Р. Ф. Гатина, Ю. М. Михайлов // Вестник КТУ. - № 9. – 2010. – С. 281-291.
3. Смирнов, С. П. Прогнозирование характеристик взрывчатых веществ / С. П. Смирнов, А. С. Смирнов // М.: Журнал прикладной химии, 2009. – Т. 82. - № 10. – С. 55-62.
4. Смирнов, А. С. Перспективное прогнозирование и анализ экспериментальных данных с использованием комплексной системы оценки параметров взрывчатых веществ. // А. С. Смирнов. - Всероссийская научно-техническая конференция «Успехи в специальной химии и химической технологии» // М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2010. – С. 364-367.
5. Косточко, А. В. Физико-химические свойства взрывчатых веществ, порохов и ракетных твердых топлив / А. В. Косточко, А. Б. Терентьев, Н. М. Боклашов, А. С. Смирнов, Н. С. Сонин // Пенза: Изд-во МО РФ, 2013. – 380 с.

© А. С. Смирнов – канд. техн. наук, ст. науч. сотр. НИИ Машиностроения (Дзержинск), htvms@kstu.ru; А. Б. Терентьев – канд. техн. наук, доцент, Пензенский артиллерийский инженерный институт, htvms@kstu.ru; В. К. Мингазова – канд. техн. наук, сотр. каф. ХТВМС КНИТУ, htvms@kstu.ru; Н. С. Сонин – канд. техн. наук, нач. отдела 127 ЦЭИСП ГРАУ МО РФ (Киржач), htvms@kstu.ru; Д. А. Питайкин – нач. отдела 127 ЦЭИСП ГРАУ МО РФ (Киржач), htvms@kstu.ru; А. Р. Нигметьянов – заместитель начальника Департамента промышленной политики ОАО «НПК «Технологии машиностроения» (Москва), htvms@kstu.ru.

© A. Smirnov – associate professor, Research Institute of Machine Building (Dzerzhinsk), htvms@kstu.ru; A. Terentev – associate professor, Penza Artillery Engineering Institute, htvms@kstu.ru; V. Mingazova – associate professor, KNRTU, htvms@kstu.ru; N. Sonin – associate professor, head of department, 127 Center for testing and examination of weapons (Kirzhach), htvms@kstu.ru; D. Pitaykin – head of department, 127 center for testing and examination of weapons (Kirzhach), htvms@kstu.ru; A. Nigmatyanov – head of department, JSC «SPC «Technology of mechanical engineering» (Moscow), htvms@kstu.ru.