

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 $35 \div 40$ 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]: $P_{кр} = (\rho \cdot V)^{2,732} Q_{max} V V^{-1,534} \alpha^{-1,105} \cdot 10^5$, где ρ - плотность ЭНМ; V - содержание г-атомов химических элементов в 1 кг состава; α - коэффициент избытка окислителя; $Q_{max} V V$ - максимальная теплота горения (взрыва) для данного состава; $Q_{max} V V = Q_{pv} V V + \Delta H_{см}$, где $Q_{pv} V V$ - 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, %

№ п/п	Компоненты пороха	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	16,5	19,5	3	ДНТ	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	4	ДФБ	6	6			
4	4,5	4,5	4,5	4,5	5	Централит	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	Вазелин	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	Тротил	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	9	Октоген	10	5	10	Полимер	10	5		

В таблицах использованы следующие сокращения: НЦ - нитраты целлюлозы; НГЦ - нитроглицерин; НДФ -

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 $R_{кр}$ для них значительно ниже порогового уровня. Введение некоторых компонентов в состав штатного пороха, таких, как полимерная связка, тротил, может значительно повысить $R_{кр}$, 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	$R_{кр}$, кбар	Штатные пороха
1	НДТ-2	2492	3015	1039	960997	23,6	2	НДТ-3
2	НДТ-3	2629	3241	1017	992290	22,1	3	НДТ-4
3	НДТ-4	2763	3467	995	1020276	20,6	4	Н
4	Н	2914	3710	966	1045485	19,2	5	АПЦ
5	АПЦ	3040	4507	998	1125190	23,6	6	ПП
6	ПП	2824	3650	947	992816	14,4	7	ДГ
7	ДГ	2754	3636	1004	1027591	12,9	8	ОС-1
8	ОС-1	2568	3132	1038	989210	23,7	9	ОС-2
9	ОС-2	2547	3058	1045	987911	24,9	10	ОС-3
10	ОС-3	2621	3218	1020	992543	23,2	11	ОС-4
11	ОС-4	2480	2979	1038	955714	25,5	12	ОС-5
12	ОС-5	2318	2748	1066	917797	77,0	13	ОС-6
13	ОС-6	2432	2983	1055	952498	68,1	14	ОС-7
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.