

## ДЕТОНАЦИОННЫЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ПОРОХОВ

И. В. Занегин, С. И. Карачинский

РФЯЦ, ВНИИ технической физики, 456770 Снежинск

Определены детонационные и физико-химические характеристики некоторых марок артиллерийских порохов. Получены зависимости критического диаметра и скорости детонации семиканальных пироксилиновых порохов от диаметра порохового элемента. Исследован механизм распространения детонации по заряду при различном расположении пороховых элементов относительно друг друга и фронта детонационной волны.

Актуальность утилизации снимаемых с вооружения боеприпасов общеизвестна и определяется не только повышенными экономическими затратами на их сверхнормативное хранение и предупреждение случайного или самопроизвольного возгорания или подрыва, но и возможным экономическим эффектом от их использования в промышленности.

Особое место среди боеприпасов занимают артиллерийские пороха, срок годности которых для применения по основному назначению строго ограничен.

Несмотря на то, что пороха относятся к группе метательных взрывчатых материалов (ВМ), основным видом взрывчатого превращения которых является горение, они также способны детонировать с большой скоростью [1–7]. Именно это свойство привлекательно с точки зрения их более выгодной утилизации. Однако первоначальное предназначение порохов как метательных ВМ предопределило слабую изученность их детонационных характеристик, которые в литературе практически отсутствуют или противоречивы и не всегда подтверждаются практикой [2–5]. Это вызывает определенное недоверие к порохам со стороны специалистов и контролирующих организаций [6, 7].

В настоящей статье изложены результаты работы, проводимой в РФЯЦ-ВНИИТФ с целью изучения основных физико-химических и газодинамических характеристик порохов, необходимых для их допуска к применению и для оптимального использования во взрывных работах в промышленности. Исследовались взрывчатые свойства порохов, наиболее часто используемых в артиллерийских зарядах и составляющих их основную часть (95 ÷ 98 %).

На первом этапе были определены основные характеристики безопасности одноканального пироксилинового пороха с толщиной горящего свода  $t = 0,6$  мм, семиканального ( $t = 1,2$  мм) и четырнадцатиканального ( $t = 0,7$  мм), а также нитроглицеринового пороха ( $t = 1,8$  мм). Чувствительность к удару и трению, температура вспышки  $T_1$  и химическая стойкость исследованных порохов приведены в табл. 1. Для сравнения в ней даны характеристики безопасности гексогена. Испытания проводились по стандартным для взрывчатых веществ (ВВ) методикам [8] с малыми навесками ВМ ( $\approx 1$  г), для чего исследуемые пороха размельчались до размера частиц  $0,3 \div 1$  мм.

Отличие характеристик безопасности исследованных порохов и гексогена выражается в несколько большей чувствительности порохов к удару и трению, а также в пониженных химической стойкости и температуре вспышки.

Опыты по определению скорости детонации и критического диаметра одноканального ( $t = 0,6$  мм) и семиканальных ( $t = 1,2; 0,7; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5$  и  $2,2$  мм) пироксилиновых порохов проводились в зарядах гравиметрической плотности цилиндрической и конусной форм, оболочки которых изготавливались из электрокартона, ватмана или полиэтиленовой пленки. С увеличением толщины горящего свода наружный диаметр и высота порохового элемента (ПЭ) также увеличивались соответственно от 1,5 до 11,5 мм и от 6 до 18 мм. Пороха исследовались в сухом, увлажненном и водонаполненном состояниях. Для увлажнения пороха за 10 ÷ 15 мин до подрыва исследуемый заряд на 2 мин полностью погружали в воду. В зависимости от цели опытов инициирование зарядов осуществлялось при помощи пластического ВВ

Таблица 1

## Характеристики безопасности порохов

ВМ	Чувствительность к удару			Чувствительность к трению, кгс/см <sup>2</sup>		Температура вспышки $T_1$ , °С	Химическая стойкость
	Номер прибора	Масса груза, кг	Количество взрывов, %	с песком	без песка		
Одноканальный порох, $t = 0,6$ мм	1	10	100	400	2000	213	0,0012
	1	2	24				
	2	2	84				
Семиканальный порох, $t = 1,2$ мм	1	2	68	300	1600	212	0,0014
	2	2	48				
Четырнадцатиканальный порох, $t = 0,7$ мм	1	2	92	350	1600	212	0,0017
	2	2	88				
Нитроглицериновый порох, $t = 1,8$ мм	1	10	100	450	3000	212	0,0038
	1	2	36				
	2	10	8				
Гексоген	1	10	72	300	2400	235	0,0006
	2	10	60				

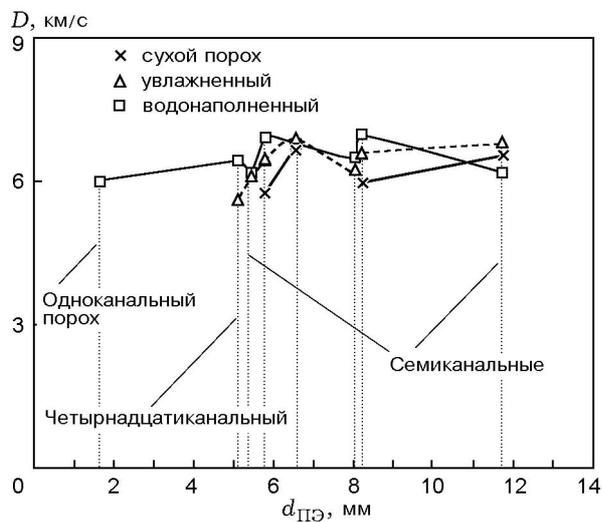


Рис. 1. Зависимость скорости детонации порохового заряда от диаметра порохового элемента при диаметре заряда 60 мм

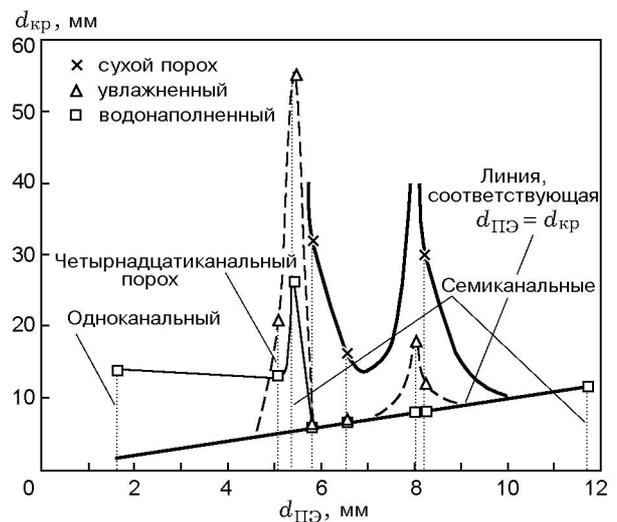


Рис. 2. Зависимость критического диаметра порохового заряда от диаметра порохового элемента

(толщиной 1 мм и диаметром, равным диаметру заряда), содержащего 80 % тэна и 20 % полиизобутилена, детонирующего шнура ДШЭ-12, тротиловой шашки (диаметром 35 мм, длиной 105 мм и массой 160 г), насыпного аммонита 6ЖВ (массой 60 г) и непосредственно от электродетонатора.

Скорость детонации пороха и скорость возникающей при этом воздушной ударной волны (УВ) измеряли тремя методами: электроконтактным (проволочные и фольговые контактные датчики), оптическим (скоростной фоторегистратор) и методом реостатного датчика.

Было проведено 120 опытов по определению детонационных характеристик порохов, в результате которых построены зависимости скорости детонации  $D$  и критического диаметра заряда  $d_{кр}$  от диаметра порохового элемента  $d_{ПЭ}$  в сухом, увлажненном и водонаполненном состояниях (рис. 1, 2). Представленные на рисунках средние значения скорости детонации для каждого пороха определялись в  $2 \div 10$  опытах. Разброс значений  $D$  для всех порохов не превышал 2 %.

Как видно из представленных данных, параметры детонации семиканальных порохов с  $t = 1,2; 0,7; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5$  и  $2,2$  мм в значительной степени определяются размерами ПЭ и монотонно меняются при уменьшении (увеличении) диаметра ПЭ.

По всей видимости, это обусловлено тем, что в насыпных зарядах детонационная волна (ДВ) распространяется не сплошным фронтом, а по отдельным ПЭ, вследствие чего при значениях  $d_{ПЭ}$ , близких к предельному, скорость детонации как отдельного ПЭ, так и всего заряда начинает уменьшаться, а при  $d_{ПЭ}$  меньше критического диаметра пороховой заряд не детонирует при любой геометрии.

Кроме того, анализ полученных зависимостей показывает наличие в них ряда аномалий. Так, при  $d_{ПЭ} \approx 8$  мм для порохов с  $t \approx 1,45$  мм в увлажненном состоянии наблюдается резкий рост  $d_{кр}$  и уменьшение  $D$ . При этом порох с  $t = 1,4$  мм в сухом состоянии вообще не детонирует, по крайней мере, при диаметре заряда, не превышающем 90 мм. В то же время подобный «выброс» отсутствует у водонаполненного пороха той же марки.

Для изучения механизма распространения детонации при различных схемах расположения ПЭ относительно друг друга и фронта ДВ были поставлены специальные эксперименты с семиканальным пироксилиновым порохом с  $t = 2,2$  мм. На рис. 3 приведены полученные качественные зависимости пути движения воздушной УВ и ДВ по заряду от времени при вертикальном и горизонтальном расположении ПЭ. Анализ зависимостей показывает, что как в каналах ПЭ, так и между ПЭ возникают интенсивные воздушные УВ, распространяющиеся между ПЭ со скоростью, значительно превышающей (на  $20 \div 50$  %) скорость ДВ отдельного ПЭ. Эти волны инициируют детонацию следующих ПЭ до прихода фронта ДВ, движущейся по предыдущему элементу. В результате

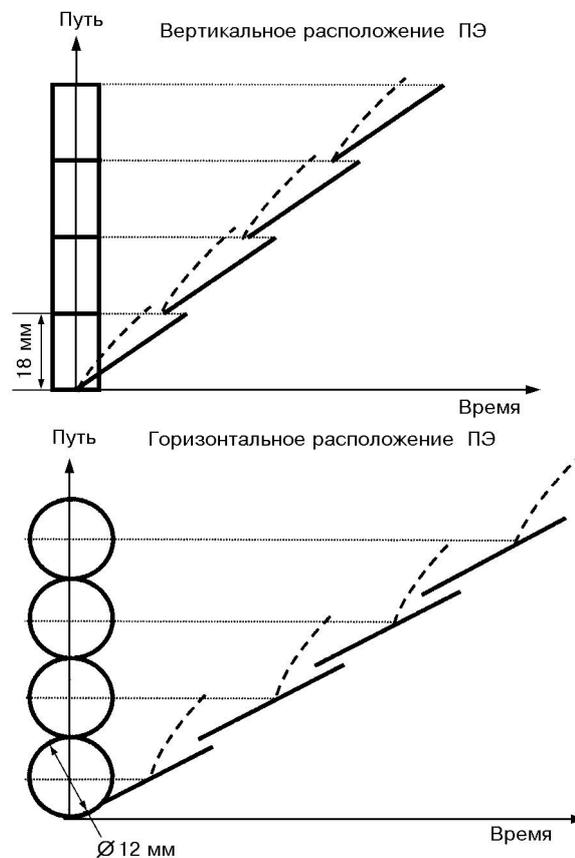


Рис. 3. Качественные зависимости пути движения воздушной УВ и ДВ по пороховому заряду от времени при вертикальном и горизонтальном расположении пороховых элементов: сплошные линии — ДВ, штриховые — воздушные УВ

в насыпном пороховом заряде устанавливается пульсирующий режим детонации со скоростью, большей на  $10 \div 25$  % скорости детонации отдельного ПЭ.

В проведенных исследованиях наряду с детонационными характеристиками определялись длина участка стабилизации скорости детонации насыпного порохового заряда (при инициировании навеской пластического ВВ), потопляемость, водоустойчивость и гравиметрическая плотность порохов, а также их относительная работоспособность (по отношению объемов грунта, выброшенного при взрывах аммонита 6ЖВ и пороха при одинаковых массе и глубине заложения зарядов). Результаты исследований представлены в табл. 2.

Необходимо отметить хорошую потопляемость и высокую водоустойчивость ( $\approx 48$  ч) исследованных порохов.

Таблица 2

Результаты исследований физико-химических  
и газодинамических характеристик пироксилоновых порохов

Характеристики	Работы [2–5]	Эксперимент
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,5–1,64	Не определялась
Гравиметрическая плотность, г/см <sup>3</sup>	0,8–0,85	0,85
Скорость детонации, км/с	3,5–8,0	5,6–7,0
Потопляемость, ч	Полная	Полная
Водоустойчивость, ч	4–7	> 48
Длина участка стабилизации	Нет	Меньше диаметра заряда
Сравнительная работоспособность по отношению к эталонному ВВ (амонит 6ЖВ)	0,95–1,6	1,0

Известные сроки годности порохов (до 25 лет) значительно превышают аналогичные показатели для промышленных ВВ (6–12 месяцев), а увлажнение пороха только улучшает его детонационные характеристики (повышается скорость детонации и уменьшается критический диаметр).

Таким образом, детонационные и физико-химические характеристики зерновых артиллерийских порохов определяют возможность их использования в качестве мощного высокобризантного водоустойчивого ВВ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Митрофанов В. В., Солоухин Р. И., Топчян М. Е. Исследование детонации порохов // Ученый совет по народнохозяйственному использованию взрыва. Вып. 8. Доклады совещания 16–20 февраля 1959. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1959.
2. Афонин В. Г., Гейман Л. М., Комир В. М. Справочное руководство по взрывным работам в строительстве. Киев: Будивельник, 1974.
3. Вовк А. А. Укрощение взрыва. Киев: Будивельник, 1979.
4. Кутузов Е. Н. Взрывные работы. М.: Недра, 1988.
5. Шагов О. В. Взрывчатые вещества и пороха. М.: Воениздат, 1986.
6. Щукин Ю. Г., Добрынин А. А., Галкин В. В. Применение снятых с вооружения боеприпасов при взрывных работах в строительстве // Безопасность труда в промышленности 1993. № 9. С. 23–26.
7. Калацей В. И., Мацевич Б. В., Глинский В. П. и др. Взрывчатые вещества из утилизируемых боеприпасов: проблемы, решения, ассортимент // Безопасность труда в промышленности. 1995. № 12. С. 32–37.
8. Горст А. Г. Пороха и взрывчатые вещества. М.: Машиностроение, 1972.

Поступила в редакцию 11/IX 2000 г.