

В. Н. Александров, Б. Д. Диновецкий, А. В. Косточко,
П. О. Сафронов

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОГАСАНИЯ ПОРОХА В УСЛОВИЯХ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВЫСТРЕЛА

Ключевые слова: выстрел, порох, спад давления, погасание, время погасания.

Приведены результаты оценки возможности погасания пороха в условиях артиллерийского выстрела из пушек калибром 23-152 мм. Показано, что погасание штатных порохов может произойти только в период последействия.

Keywords: shot, gunpowder, pressure decay, extinction, extinction time.

The results assess the possibility of the extinction of gunpowder under artillery range of 23-152 mm caliber guns. It is shown that extinction regular powders can occur only during the aftereffect.

Известные, в полигонной практике, случаи вылета недогоревших пороховых элементов при стрельбе из орудий свидетельствуют о погасании пороха в условиях артиллерийского выстрела [1,2].

Исследование причин и условий недогорания пороха представляется важным для разработки мероприятий исключающих это негативное явление, для изучения и оптимальной организации процессов происходящих при выстреле, для создания методик проектирования порохов и пороховых зарядов, учитывающих особенности горения пороха при спаде давления. Одной из причин недогорания может быть погасание пороха в канале ствола орудия. С этой точки зрения явление недогорания пороха не рассматривалось.

Исследовали возможность погасания пороха при спадах давления в основной период выстрела (после достижения максимального давления в стволе) и в период последействия (после вылета снаряда из ствола). В последнем случае рассматривали возможность погасания пороха в двух вариантах: порох остается в стволе и порох вылетает из ствола вслед за снарядом. Оценка возможности погасания осуществлялась путем сопоставления значений критических скоростей спада давления, т.е. минимальных значений скоростей спада давления, приводящих к погасанию пороха ($P'_{кр}$) со значениями скоростей спада давления в стволе (P'). Если скорость спада давления в стволе меньше критической, то порох сгорит, а если больше то погаснет.

Критические скорости спада давления штатных и опытных порохов определяли на модельной установке, горение пороха в которой происходило в условиях, близких к условиям горения пороха в стволе орудия. Значения критических скоростей спада давления, в зависимости от уровня давления перед спадом в стволе P_n , рассчитывали по зависимостям [3]:

для баллиститного пороха (БП)
 $P'_{кр} = 55P_n - 200$, $P_n = (25-75)$ МПа;
 $P'_{кр} = 242P_n - 16370$, $P_n > 75$ МПа;
 для пироксилинового пороха (ПП)
 $P'_{кр} = 20P_n + 4800$, $P_n = (20-75)$ МПа;
 $P'_{кр} = 447P_n - 22680$, $P_n > 75$ МПа,
 для опытных порохов (ОП)
 $P'_{кр} = 0,25 P'_{кр БП}$

Параметры спадов давления (P_m , P_d , P' , $P'_{кр}$, P'_d , $\tau_{сп}$) в артиллерийских системах определяли по расчетным кривым изменения давления во времени.

Как следует из результатов исследований (табл.1), в большинстве рассмотренных систем скорости спада давления в основной период выстрела меньше критических, т.е. погасания пороха в них произойти не может (Γ). Погасание пороха возможно в 23, 25, 30, 37 и 76 мм пушках (Π). Результаты оценки возможности погасания могут быть существенно другими при замене пороха, используемого в штатных зарядах, на пороха с меньшей устойчивостью горения при спаде давления. Так, замена пироксилинового пороха в заряде к 76 мм пушке на баллиститный или опытный, имеющий наименьшую устойчивость из всех исследованных порохов, показывает, что в этом случае $P' > P'_{кр}$, т.е. погасание этих порохов возможно.

Таблица 1 - Параметры спада давления и режимы горения пороха в основной период артиллерийского выстрела

№ п/п	АС	d, мм	P_m , МПа	$P' \cdot 10^{-3}$, МПа/с	$P'_{кр} \cdot 10^{-3}$, МПа/с		Режим горения		$\tau_{сп}$, мс
					ПП	БП	ПП	БП	
1	Пушка	23	255	255	91	45	П	П	2,4
2	Пушка	25	295	119	109	55	П	П	2,5
3	Пушка	30	300	250	111	56	П	П	2,8
4	Пушка	37	280	114	102	51	П	П	3,5
5	Пушка	76	250	69	89	44	Г	П	3,7
6	Пушка	85	270	38	98	49	Г	Г	5,0
7	Пушка	100	287,3	36	106	53	Г	Г	6,3
8	Пушка	107	250	39	89	44	Г	Г	7,0
9	Пушка	115	246	34	87	43	Г	Г	7,0
10	Пушка	122	274	40	99,7	50	Г	Г	7,0
11	Пушка	152	305,2	32	114	39	Г	Г	7,6

Возможность погасания пороха зависит от калибра системы, она максимальна в системах малого калибра, где скорость спада давления наибольшая (рис. 1). С увеличением калибра скорость спада давления уменьшается, соответственно уменьшается возможность погасания пороха. Указанная зависимость справедлива для пушек с характеристиками, близкими к рассмотренным ($P_m \approx 280$ МПа, $V_0 \approx 900$ м/с).

Если на эту зависимость нанести прямую, параллельную оси абсцисс с ординатой, равной значению $P'_{кр}$ исследованных порохов при $P_n \approx 280$ МПа, то график позволит наглядно и оперативно производить оценку возможности погасания пороха в условиях артиллерийского выстрела. Погасание пироксилинового пороха возможно в системах калибра < 40 мм, баллиститного < 70 мм, опытного во всех рассмотренных системах. Таким образом, возможность погасания пороха повышается с уменьшением калибра системы и значения $P'_{кр}$ пороха.

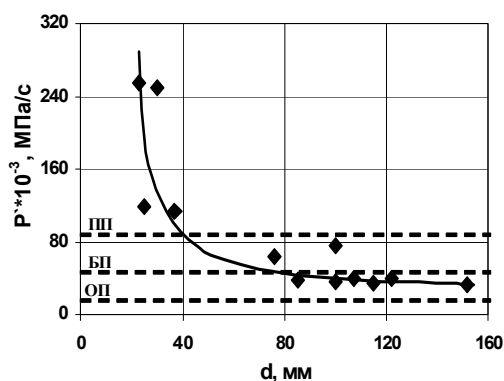


Рис. 1 - Зависимость P' - d

Погасание пороха при спаде давления происходит во времени и этот фактор необходимо учитывать при оценке возможности реализации погасания при $P' > P'_{кр}$. Время погасания пороха (τ_p) уменьшается с увеличением скорости спада давления и составляет 9-10 мс при спадах давления с $P_n > 60$ МПа и $P' \gg P'_{кр}$ [4]. Сравнение времен спада давления в стволе ($\tau_{сп}$) и времен погасания пороха показывает, что во всех рассмотренных системах $\tau_{сп} < \tau_p$. Следовательно, несмотря на то, что $P' > P'_{кр}$, погасание штатных порохов в указанных артиллерийских системах не успеет произойти.

Погасание пороха не произойдет, однако при $P' > P'_{кр}$ скорость горения пороха при спаде давления, как показали результаты экспериментальных исследований, будет в два раза меньше, чем при $P' < P'_{кр}$ [4]. Уменьшение скорости горения приведет к увеличению времени горения пороха и в определенных условиях к недогоранию его в стволе орудия. Расчеты показали, что для 76мм пушки время горения баллиститного пороха в стволе увеличивается на 27 % [5].

Следует отметить, что время сгорания порохового заряда в реальных условиях больше расчетного. Это связано как с разбросом размеров пороховых элементов, так и с неодновременностью воспламенения порохового заряда. Поэтому время горения пороховых элементов позднее воспламенившихся, имеющих размеры больше средних будет превышать расчетное.

Если порох по каким-либо причинам не сгорит к моменту вылета снаряда из ствола, то возможность погасания его зависит от того, останется он в стволе или вылетит из него вслед за снарядом. В первой случае на порох будет

воздействовать спад давления, параметры (P_d , P'_k) которого зависят от дульного давления, начальной скорости снаряда, калибра системы и конструкции ствола. Во втором случае (P_d , P'_d) возможность погасания будет зависеть от дульного давления, скорости движения пороховых элементов и градиента давления по длине за дульным срезом [1].

Как следует из результатов исследований (табл.2), баллиститный порох погаснет независимо от того останется он в стволе или вылетит из него. Пироксилиновый порох погаснет, если вылетит из ствола, а если он останется в стволе, то погасание произойдет в системах калибром 25, 37, 76 мм. Опытные пороха с низкой устойчивостью горения при спаде давления погаснут в любом случае. Поскольку в период последствий ограничения по времени отсутствуют, то погасание порохов произойдет. Наличие остатков погасшего пороха в стволе или перед ним зависит от склонности пороха к повторному воспламенению и параметров окружающей среды [6].

Таблица 2 - Параметры спада давления и режимы горения пороха в период последствий

d , мм	P_d , МПа	$P'_{кр} \cdot 10^{-2}$, МПа/с		$P'_k \cdot 10^{-2}$, МПа/с	Режим горения		$P'_d \cdot 10^{-2}$, МПа/с	Режим горения	
		П	Б		П	Б		П	Б
25	84,9	15	41	289	П	П	1155	П	П
37	59,4	59	30	162	П	П	615	П	П
76	70	62	36	202	П	П	457	П	П
100	108,5	25	98	166	Г	П	754	П	П
122	83,3	14	37	121	Г	П	510	П	П
152	90	17	54	96	Г	П	477	П	П

Таким образом, погасание штатных порохов в условиях артиллерийского выстрела может произойти только в период последствий. Возможность погасания опытных порохов следует рассматривать применительно к конкретной системе с учетом времени погасания. Однако для всех порохов при $P' > P'_{кр}$ необходимо учитывать уменьшение скорости горения пороха при спаде давления, которое может оказать существенное влияние на возможность недогорания пороха в стволе орудия.

Литература

1. М.Е. Серебряков. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. Оборонгиз, Москва, 1962, 703 с.
2. В.В. Бурлов, В.В. Грабин, А.Ю. Козлов, Л.Н. Лысенко, Н.М. Монченко, А.И. Сидоров, Баллистика ствольных систем. Машиностроение, Москва, 2006. 461 с.
3. В. Н. Александров В сб. Современные проблемы специальной технической химии, КГТУ, Казань, 2007, С. 422-429.
4. В. Н. Александров, Б. Д. Диновецкий, А. В. Косточко. Вестник Казанского технологического университета, 13,

10, 104-113 (2010)

5. В.П. Курина, В. Н. Александров, Б. Д. Диновецкий, А. В. Косточко. В сб. Химическая физика процессов горения и взрыва. XII Симпозиум по горению и взрыву, Черногловка, 2000. Ч1. С. 174-175.

6. Е.В. Савина, В.Н. Александров, А.Р. Имамиева, Ю.С. Зиятдинова, Г.В. Игнатьев. Вестник Казанского технологического университета, 15, 24, 28-29 (2012)

© **В. Н. Александров** - к.т.н, доцент кафедры химии и технологии высокомолекулярных соединений КНИТУ, labgor@kstu.ru; **Б. Д. Диновецкий** - д.т.н., проф. той же кафедры, labgor@kstu.ru; **А. В. Косточко** – д.т.н., проф., зав. каф. химии и технологии высокомолекулярных соединений КНИТУ; **П. О. Сафронов** – к.т.н, доцент той же кафедры, labgor@kstu.ru.