

УДК 623.451

doi: 10.53816/23061456_2025_7–8_82

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БОЕПРИПАСОВ СТВОЛЬНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

WAYS TO IMPROVE THE OPERATIONAL SAFETY OF BARREL ARTILLERY AMMUNITION

Канд. техн. наук А.А. Ошкин, д-р техн. наук А.Б. Терентьев

Ph.D. A.A. Oshkin, D.Sc. A.B. Terentyev

Филиал ВА МТО им. А.В. Хрулева (г. Пенза)

В статье проведен анализ открытых источников по вопросу повышения эксплуатационной безопасности боеприпасов ствольной артиллерии. Рассмотрены пути повышения стойкости боеприпасов к опасным внешним воздействиям. Определено, что наиболее эффективным методом повышения эксплуатационной безопасности боеприпасов является комплексное использование трех ключевых элементов, влияющих на достижение наиболее безопасной реакции боеприпаса при несанкционированном воздействии: снижения чувствительности взрывчатого состава боеприпаса путем создания и применения малочувствительных взрывчатых составов; повышения теплозащитных и ударно-защитных свойств корпусов боеприпасов; совершенствования тары с целью снижения вероятных опасных внешних воздействий на боеприпасы при хранении и транспортировке.

Ключевые слова: боеприпас, безопасность, эксплуатация, опасные внешние воздействия, малочувствительный взрывчатый состав.

The article analyzes open sources on the issue of improving the operational safety of barrel artillery ammunition. Ways to increase the resistance of ammunition to dangerous external influences are considered. It is determined that the most effective method of improving the operational safety of ammunition is the integrated use of three key elements that affect the achievement of the safest reaction of ammunition in case of unauthorized exposure: reducing the sensitivity of the explosive composition of ammunition by creating and using low-sensitivity explosives; improving the thermal and shock-protective properties of ammunition shells; improving packaging in order to reduce the likely dangerous external effects on ammunition during storage and transportation.

Keywords: ammunition, safety, operation, dangerous external influences, low-sensitivity explosive composition.

Анализ опыта ведения локальных войн и вооруженных конфликтов свидетельствует, что ствольная артиллерия сохраняет свой статус ос-

новного средства поражения противника и даже упрочила его за счет широкого использования разведывательных беспилотных летательных ап-

паратов, а также роста доли высокоточных боеприпасов (БП) [1]. Так как артиллерийские БП, сосредоточенные на складах и транспортных узлах, являются одной из первоочередных целей противника, обеспечение их безопасности является важной задачей.

Эксплуатационная безопасность БП как изделий военной техники определяется их устойчивостью к нештатным, критическим внешним воздействиям различного рода. Наиболее распространенными видами опасных внешних воздействий (ОВВ) являются кинетические (механические), ударно-волновые и тепловые. Если такое воздействие не ограничивается единичным БП, а передается на другие с их полным срабатыванием, то происходит цепная реакция, вызывающая техногенную катастрофу с людскими потерями и значительным материальным ущербом. Огромные затраты потребуются на восстановление разрушенных объектов, ликвидацию последствий взрывов и рекультивацию земель из-за разброса неразорвавшихся БП.

При ОВВ, вызванных стихийными явлениями, пожарами, неправильным обращением, террористическими действиями, нападением со стороны противника, БП могут выделять накопленную в них энергию несанкционированно. Если единичный взрыв БП считать достоверным событием, то основная задача обеспечения жи-

вучести объекта хранения состоит в том, чтобы этот единичный взрыв не привел к цепной реакции — массовым взрывам других БП. Таким образом, разработчикам БП необходимо обеспечить наиболее сильный тип реакции при штатном применении и наиболее слабый при несанкционированном воздействии (табл. 1) [2].

Кардинальным путем решения этой задачи является разработка и постановка на снабжение армии БП повышенной стойкости к опасным внешним воздействиям (БПСВВ), получивших в США и других странах НАТО наименование «малоуязвимые» (нечувствительные) (Insensitive Munitions — IM, Low Vulnerability Ammunitions — LOVA, США, Великобритания) или «боеприпасы пониженного» риска (Munitions a Risqués Attenués — MURAT, Франция) [3].

К БПСВВ относятся БП, отвечающие тактико-техническим требованиям и функциональному предназначению в полном соответствии с эксплуатационными характеристиками, но при этом обеспечивающие минимальную вероятность своего непреднамеренного инициирования определенными ОВВ, возникающими случайно или в ходе боевых действий, и минимизацию последующего сопутствующего ущерба системам вооружения, системам материально-технического обеспечения и личному составу [4].

Таблица 1

Описание реакций боеприпасов на опасные внешние воздействия

Тип реакции	Поведение боеприпаса		Эффект взрыва
	Энергетический материал	Корпус	
I	Детонация, сверхзвуковая реакция разложения	Очень быстрая пластическая деформация, полная фрагментация	Интенсивная ударная волна, повреждение соседних конструкций
II	Частичная детонация	Частичная фрагментация и большие фрагменты	То же
III	Быстрое горение материала в оболочке (взрыв)	Взрывное разрушение на большие фрагменты	Взрывной эффект меньше детонации, повреждение соседних конструкций
IV	Горение/ дефлаграция, нерезкий сброс давления	Разрыв, но не более чем на три части, срыв крышек, сброс газов через отверстия	Ограниченный взрывной эффект, давление < 50 мбар (0,05 атм.) на 15 м
V	Горение	Невзрывное повреждение, спокойный выход газов, отделение торцов	Ограниченный взрывной эффект, давление < 50 мбар (0,05 атм.) на 15 м

Первым рубежом защиты от ОВВ является тара, которая повышает защитные свойства БП за счет ослабления начального импульса, выполняющая следующие функции: защиту при падении, защиту при пожаре и медленном нагреве, защиту от прострела пуль и осколком, пылевлагозащиту, локализацию реакции взрывчатого состава (ВС) внутри тары.

В настоящее время некоторую часть используемой тары для эксплуатации БП составляет деревянная тара, существенным недостатком которой является легковоспламеняемость и горючесть. Наиболее распространенный способ защиты деревянной тары — использование огнезащитной краски, содержащей жидкое стекло и антипиреновые наполнители, при нанесении которой на тару создается слой, предотвращающий нагрев и возгорание материала. В зависимости от условий и времени эксплуатации лакокрасочные покрытия должны периодически восстанавливаться, что в условиях большого объема производства и оборота осуществлять сложно.

Задача по замене деревянной тары на другую, обладающую более высокими защитными свойствами, прежде всего по ударной прочности, термо- и огнестойкости в современных условиях решается сразу несколькими путями — переходом к металлической таре, использованием таких материалов, как рубленое углеволокно, пропитанное смолой; длинномерное рубленое базальтовое волокно, пропитанное полиамидным связующим; композиционный базальтостекловолокнистый материал в совокупности с легкими металлами и сплавами; стеклоровинг, пропитанный эпоксидным связующим; стеклопластик, пропитанный органическим связующим [5].

Перспективным типом тары является транспортный пакет, состоящий из комплекта футляров с уложенными в них БП, соединенных быстроразборной рамой. Подобный тип применяется в странах НАТО. Футляр предназначен для укладки выстрелов с использованием комплекта вкладышей, состоящих из наборных элементов, обеспечивающих фиксацию БП с целью недопущения продольного и поперечного перемещения, что обеспечивает его сохранность при транспортировке и возможных ударах при падении [6].

Повышение стойкости БП к ОВВ также возможно за счет совершенствования конструкции:

- повышения теплозащитных свойств корпусов (замена материалов, покрытия, внутренних и внешних поверхностей теплозащитными материалами);

- повышения ударно-защитных свойств корпусов за счет использования материалов с повышенной ударостойкостью;

- применения устройств, обеспечивающих вскрытие корпуса при давлениях ниже критических, исключающих переход горения в детонацию.

Хотя подходы к созданию БПСВВ опираются на совершенствование элементов конструкции самого изделия, а также его тары, главным остается разработка малочувствительных взрывчатых составов (МЧВС), максимально соответствующих условиям производства, эксплуатации и применения БП как по безопасности, так и по эффективности. Использование МЧВС значительно повышает безопасность БП в полевых условиях, данный вопрос стал особенно актуальным с учетом широкого применения беспилотных летательных аппаратов в современных локальных войнах и вооруженных конфликтах.

С целью снижения чувствительности взрывчатого вещества (ВВ) к ОВВ разработаны подходы к получению композиций пониженной уязвимости различного назначения [7]:

- синтез ВВ с высокоустойчивой химической структурой малочувствительных ВВ;

- оптимизация гранулометрического состава ВВ за счет снижения дефектности кристаллов;

- применение флегматизаторов (десенсибилизаторов);

- использование инертных и активных горючих-связующих в качестве матрицы, в объеме которой распределены кристаллы ВВ;

- введение в композиционные взрывчатые материалы сокристаллизаторов мощных ВВ, состоящих минимум из двух ВВ, одно из которых обладает высокой безопасностью и, как правило, образует внешнюю оболочку кристалла.

Эталоном среди индивидуальных ВВ пониженной уязвимости принято считать 1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензол (ТАТБ) [8]. На его основе разработан ряд МЧВС различной направленности. При этом среди множества известных ВВ, обладающих низкой чувствительностью, можно выделить следующие, входящие в концепцию пониженной уязвимости (табл. 2):

3-нитро-1,2,4-триазол-5-он (NTO, ONTA);
1,1-диамино-2,2-динитроэтен (FOX-7, ДАДНЭ);

динитрамид N-гуанилмочевины (FOX-12, GUDN);

2,6-диамино-3,5-динитропиразин-1-оксид (LLM-105, ANPZ-O, NPEX-1);

4,10-динитро-2,6,8,12-тетраокса-4,10-диазозовюрцитан (TEX);

2-нитрогуанидин (NGU, NQ);

1,3,3-тринитроазетидин (TNAZ).

Вместе с тем наиболее применяемыми полимерными горючими-связующими для БПСВВ являются:

полиглицидилнитрат (polyGLIN);

поли-3,3-бис-(азидометил)-оксетан (polyBAMO);

поли-3-азидометил-3-метил-оксетан (polyAMMO);

полиглицидилазид (GAP);

полибутадиен с гидроксильными концевыми группами (НТРВ) [7].

Разработанное в конце 1990-х годов новое ВВ 1,1-диамино-2,2-динитроэтилен (ДАДНЭ) привлекает к себе внимание высокими энергетическими характеристиками в сочетании с низкой чувствительностью к механическому воздей-

вию и ударной волне, а также малой вероятностью несанкционированного перехода горения в детонацию [9].

Значительное количество современных публикаций показывает перспективность использования ВС на основе ДАДНЭ в БПСВВ, особенно в этой связи стоит отметить Китай, США и Индию. Ожидается, что чувствительность ДАДНЭ может быть такой же низкой, как у ТАТВ, при этом значительно превосходить его по взрывным характеристикам [10].

Таким образом, проведенный анализ открытых источников показал, что наиболее эффективным методом повышения эксплуатационной безопасности БП является комплексное использование трех ключевых элементов, влияющих на достижение наиболее безопасной реакции БП при несанкционированном воздействии: снижения чувствительности ВС БП путем создания и применения МЧВС; повышения теплозащитных и ударно-защитных свойств корпусов БП; совершенствования тары с целью снижения вероятных ОВВ на БП при хранении и транспортировке. Результаты работ в этих направлениях обеспечат не только сохранение эффективности БП, но и значительное повышение живучести их запасов.

Таблица 2

Энергетические свойства МЧВС

Наименование ВС	ΔH_f , кДж/кг	IS, Дж (чувствительность к удару)	Брутто-формула
NTO	-774,6	>25	$C_2H_2N_4O_3$
ТАТВ	542	>50	$C_6H_6N_6O_6$
FOX-7 (ДАДНЭ)	119	25	$C_2H_4N_4O_4$
FOX-12	-1702	31	$C_2H_7N_7O_5$
LLM-105	-60	8,25	$C_4H_4N_6O_5$
TEX	-2064	15-19	$C_6H_6N_4O_8$
NGU	-893	>50	$C_1H_4N_4O_2$
TNAZ	190	6,8	$C_3H_4N_4O_6$
PolyAMMO	345	22	$C_5H_9N_3O_1$ (звено)
GAP	1150	7,9	$C_3H_5N_3O_1$ (звено)
PolyBAMO	2460	5	$C_5H_8N_6O_1$ (звено)
PolyGLIN	-2840	>50	$C_3H_5N_1O_4$ (звено)

Список источников

1. Гаврилов А.Д., Грудинин И.В., Майбу-ров Д.Г. и др. Два года специальной военной операции: некоторые итоги, вероятные перспективы // Вестник Академии военных наук. 2024. № 2 (87). С. 54–64.
2. Мацеевич Б.В. Боеприпасы повышенной стойкости к опасным внешним воздействиям: особенности конструирования, испытаний и эксплуатации. Красноармейск: КНИИМ, 2014. 168 с.
3. Терентьев А.Б., Сонин Н.С., Давыдов Д.Р. и др. К вопросу о разработке боеприпасов с повышенной стойкостью к опасным внешним воздействиям и методах их испытания // Труды Всероссийской конференции «Внутрикамерные процессы и горение в установках на твердом топливе и ствольных системах». Ижевск: ИжГТУ, 2017. С. 281–287.
4. Милославский О.Ю., Петров В.В., Трофимов Ю.С. и др. Испытание боеприпасов на стойкость к воздействию струи кумулятивного заряда. Проблемные вопросы // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. Вып. 11. Ч. 3. С. 55–60.
5. Савченко Ф.А. Тенденции разработки перспективной тары для артиллерийских боеприпасов // Военное обозрение. 2017. № 1. С. 35–40.
6. Спирин Р.Б., Дубинин С.Г., Емельянов В.С. Новая тара продлит «жизнь» боеприпасов // Материально-техническое обеспечение Вооруженных Сил Российской Федерации. 2020. № 10. С. 85–87.
7. Комов В.Н., Козырев Н.В., Попов В.О. Расчетно-теоретическая оценка высоконаполненных метательных композиций на основе ВВ пониженной уязвимости // Южно-Сибирский научный вестник. 2022. № 6. С. 123–132.
8. Boddu V.M. 2,4,6-Triamino-1,3,5-trinitrobenzene (TATB) and TATB-based formulations // Journal of Hazardous Materials. 2010. No 1–3. Vol. 181.
9. Надыкто Б.А., Ломайкин А.И. Уравнение состояния нереагирующего взрывчатого вещества FOX-7 и уравнение состояния его продуктов взрыва // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Теоретическая и прикладная физика. 2017. № 4. С. 36–42.
10. Anniyappan M., Talawar M.B., Sinha R.K. и др. Обзор современных энергетических материалов для разработки малочувствительных боеприпасов // Физика горения и взрыва. 2020. Т. 56. № 5. С. 3–31.

References

1. Gavrilov A.D., Grudinin I.V., Maiburov D.G. et al. Two years of a special military operation: some results, probable prospects // Bulletin of the Academy of Military Sciences. 2024. No 2 (87). Pp. 54–64.
2. Matseevich B.V. Ammunition with increased resistance to hazardous external influences: design, testing and operation features. Krasnoarmeysk: JSC KNIIM, 2014. 168 p.
3. Terentyev A.B., Sonin N.S., Davydov D.R. et al. On the development of ammunition with increased resistance to hazardous external influences and methods of their testing // Proceedings of the All-Russian Conference «Intra-chamber processes and combustion in solid fuel installations and barrel systems». Izhevsk: Izhevsk State Technical University, 2017. Pp. 281–287.
4. Miloslavsky O.Yu., Petrov V.V., Trofimov Yu.S. et al. Testing ammunition for resistance to the effects of a cumulative charge jet. Problematic issues // Bulletin of Tula State University. Technical sciences. 2017. Issue 11. Part 3. Pp. 55–60.
5. Savchenko F.A. Trends in the development of promising containers for artillery ammunition // Military Review. 2017. No 1. Pp. 35–40.
6. Spirin R.B., Dubinin S.G., Emelianov V.S. New containers will extend the «life» of ammunition // Logistics support of the Armed Forces of the Russian Federation. 2020. No 10. Pp. 85–87.
7. Komov V.N., Kozyrev N.V., Popov V.O. Calculation and theoretical assessment of highly filled propellant compositions based on low-vulnerability explosives // South Siberian Scientific Bulletin. 2022. No 6. Pp. 123–132.
8. Boddu V.M. 2,4,6-Triamino-1,3,5-trinitrobenzene (TATB) and TATB-based formulations // Journal of Hazardous Materials. 2010. No 1–3. Vol. 181.
9. Nadykto B.A., Lomaikin A.I. Equation of state of non-reacting explosive FOX-7 and equation of state of its explosion products // Issues of atomic science and technology. Series: Theoretical and applied physics. 2017. No 4. Pp. 36–42.
10. Anniyappan M., Talawar M.B., Sinha R.K. et al. Review of modern energetic materials for the development of low-sensitivity ammunition // Physics of Combustion and Explosion. 2020. Vol. 56. No 5. Pp. 3–31.