

ДЕФЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА И СТАРЕНИЕ КАК ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ВОЗМОЖНОГО НЕНОРМАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ БОЕПРИПАСОВ

Наличие значительного времени хранения артиллерийских боеприпасов в условиях арсеналов и баз является особенностью их технической эксплуатации. После этапа хранения боеприпасы к ствольным артиллерийским системам должны быть безопасными при ведении стрельбы и эффективными при действии по цели. Совокупность этих свойств является необходимым условием допуска боеприпаса к стрельбе.

Накопленные эмпирические знания о поведении артиллерийских боеприпасов говорят о том, что при стрельбе возможны нештатные ситуации, связанные с аномалиями в их поведении при выстреле. В терминологическом плане эти происшествия получили обобщенное название – ненормальное действие боеприпаса (НДБ). Под НДБ понимается особое (анормальное) протекание одного или нескольких этапов физического явления артиллерийского выстрела. Результатом НДБ являются: нерешение поставленной огневой задачи, нанесение ущерба собственной материальной части или личному составу. НДБ как понятие присутствует в организационных документах [1], в технической документации [2], в научной [3] и учебно-методической литературе [4]. По имеющимся оценкам наступление случаев НДБ оценивается как 1 к 10000 выстрелам, что лежит на границе низкого и умеренного техногенного риска [48]. Однако проявление НДБ сопровождается чрезвычайными происшествиями, связанными со значительным ущербом материальной части и людскими потерями. Подтверждениями этого являются фотографии выведенных из строя артиллерийских установок по причине разрывов орудийных стволов, вызванных НДБ. Рис. 1 иллюстрирует разрывы стволов корабельных 127-мм орудий эсминцев Somers (DDG-34, ВМС США, разрыв ствола вблизи дульного среза, фрагмент а) и Brisbane D 41, ВМС Австралии, разрыв ствола вблизи казенной части, фрагмент б).

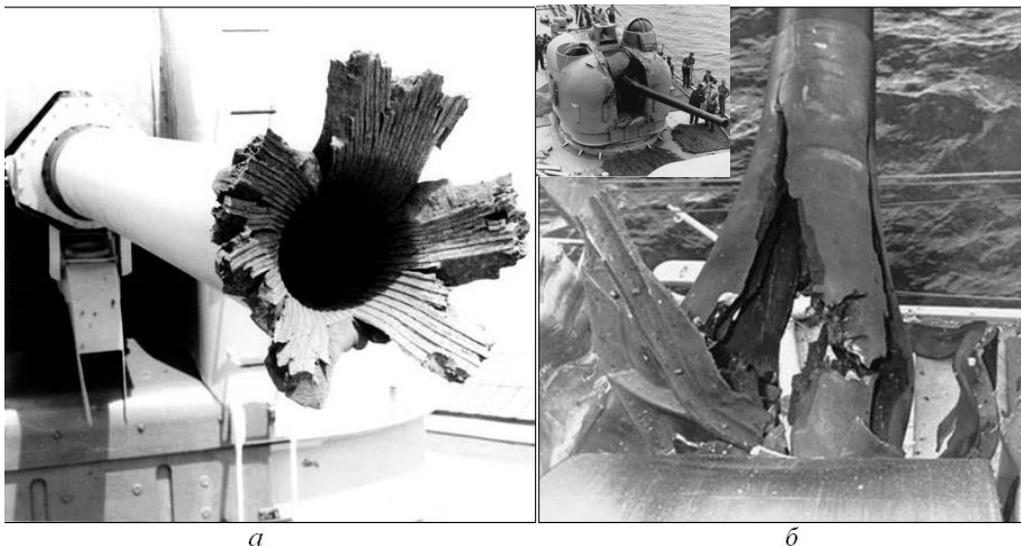


Рисунок 1 – Фотографии разрывов артиллерийских стволов корабельных орудий:
а – 127-мм пушка эсминца Somers (DDG-34) 1965 г.;
б – 127-мм пушка эсминца Brisbane (D 41) 1969 г. (вид ствола сверху)

На рис. 2 показаны разрывы танковых гладкоствольных пушек танков Abrams (разрыв ствола вблизи дульного среза, фрагмент а) и танка Меркава – разрыв ствола вблизи казенной части, фрагмент б). На рис. 3 представлены последствия разрыва 105-мм снаряда в авиационной пушке. Фотографии рис. 1–3 заимствованы из сети Интернет.

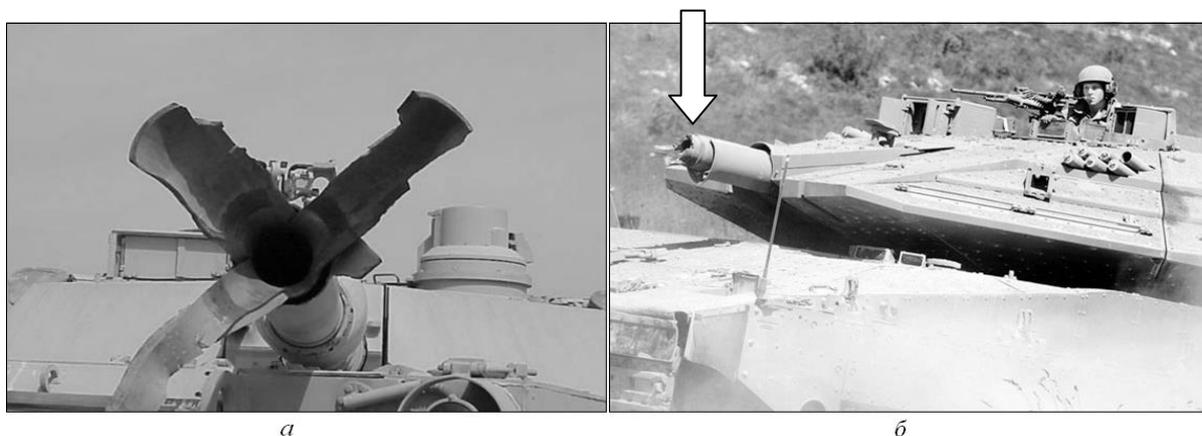
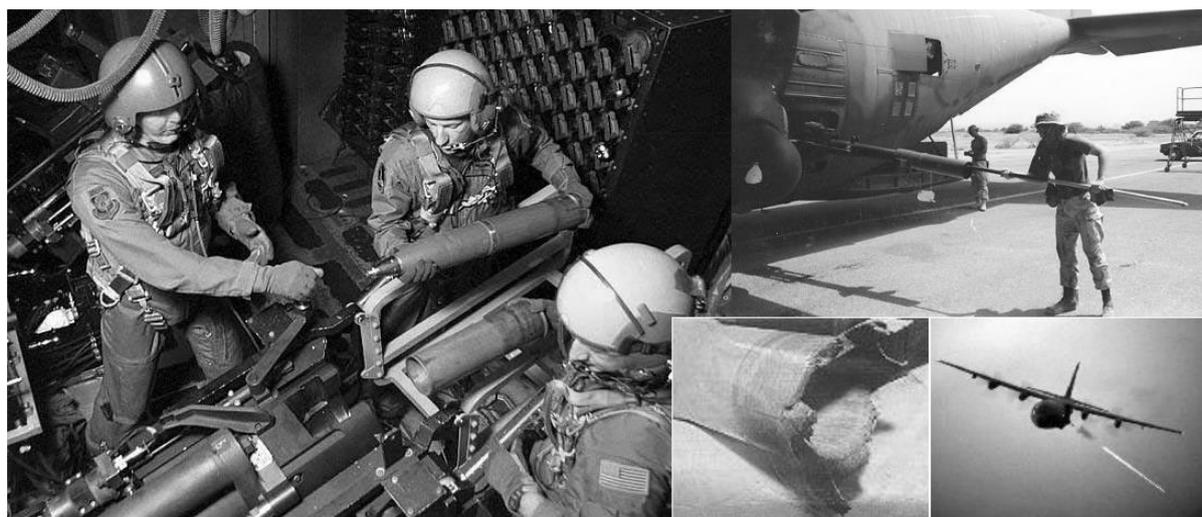


Рисунок 2 – Фотографии разрывов артиллерийских танковых стволов:
 а – 120-мм пушка М-256 танка Abrams (M1A1);
 б – 120-мм пушка МG-253 танка Миркава (Mk. 4)



Преждевременный разрыв 105-мм снаряда на борту AC-130H в 1994 г

Рисунок 3 – Преждевременный разрыв 105-мм снаряда самолета AC 130H (Сомали, 1994 г.). Чрезвычайный инцидент привел к разрыву ствола авиационной 105-мм пушки (см. стрелку), последующему пожару, крушению самолета и гибели группы сил специальных операций. На фотографиях показаны процессы заряжания, обслуживания (чистки) и выстрела авиационной 105-мм пушки самолета сил специальных операций на базе Lockheed C-130 Hercules

Последний зафиксированный информационными агентствами случай НДБ произошел в марте 2011 г. в форте Bragg (США), где от преждевременного взрыва 155-мм снаряда в стволе гаубицы M777A2 пострадало 10 военнослужащих.

Основными причинами ненормального действия кондиционных боеприпасов [5,6], находящихся в пределах гарантийного срока эксплуатации являются:

- недостатки конструкции;
- дефекты производства (например, нарушение технологии снаряжения);
- состояние ствола артиллерийской установки;
- отступления от правил служебного обращения и правил стрельбы.

В настоящее время Украина не производит боеприпасов для ствольных систем вообще, и корабельной артиллерии в частности. Наличие значительных запасов боеприпасов, существенная часть которых имеет длительные сроки хранения, превышающие гарантию производителя, а также частое несоответствия фактических условий хранения требованиям эксплуатационной документации обуславливают появление еще одного фактора НДБ за счет старения взрывчатых веществ под воздействием временного и внешне-климатического факторов. Далее в качестве синонима эффекта старения будет использоваться словосочетание геронтологические изменения. Как отмечалось ранее, особенностью эксплуатации артиллерийских боеприпасов является наличие значительного по времени этапа хранения, в течение которого наблюдается изменение физико-химических свойств взрывчатых веществ и конструктивных элементов боеприпасов [7–9].

Геронтологические изменения взрывчатых веществ являются необратимыми физико-химическими процессами трансформации их химического состава, изменения плотности заряда за счет комплексного влияния климатических факторов (температуры, влажности и т.д.) и условий хранения (вида места хранения, назначенного срока хранения, герметичности корпуса боеприпасов и их тары). Эти изменения обуславливают модификацию баллистических и взрывчатых свойств взрывчатых веществ. Как правило, взаимное действие старения и дефектов производства приводят к их синергии.

Если в пределах гарантийного срока незначительные производственные дефекты в боеприпасах при действии на них факторов старения не приводили к НДБ, то за пределами срока гарантии имеет место прогрессирующее старение. Ранее нахождение боеприпаса внутри гарантийного срока дополнительно стимулировалось плановым их расходом на боевую подготовку и обновлением запасов за счет замены старых партий новыми. На данный момент в силу ряда причин этого не происходит. Более того, имеет место тенденция продления эксплуатации боеприпасов к ствольным системам стоящих на вооружении свыше определенных сроков службы. Таким образом, за пределами срока гарантии первичные мелкие дефекты производства усиленные факторами старения могут приводить к НДБ. Отсутствие 100 % контроля боеприпасов средствами неразрушающего контроля не позволяет выявлять их на стадии технической эксплуатации в арсенале (базе) и не допускать до использования по назначению и направлять их в ремонт (на утилизацию).

Дальнейшая эксплуатация боеприпасов с геронтологическими изменениями, при отсутствии научно-обоснованных моделей и методов прогнозирования остаточного времени службы (хранения) боеприпасов обуславливает возникновение научно-технической и прикладной проблемы разработки методологии мониторинга их состояния с целью исключения НДБ и повышения безопасности стрельбы и служебного обращения.

Причинами НДБ являются наличие скрытых дефектов в:

- метательных зарядах (средствах воспламенения);
- разрывных зарядах снаряда;
- автоматики подрыва боеприпасов (взрыватели и трубки);
- конструктивных элементах снаряда и гильзы;
- стволе орудия.

За исключением последнего фактора метательные и разрывные заряды, а также взрыватели, трубки и конструктивные материалы снаряда и гильзы подвержены старению за счет протекания диффузионных и окислительно-восстановительных процессов.

НДБ за счет метательного заряда (средства воспламенения) проявляется в:

- осечках (при исправном стреляющем механизме затвора);
- не воспламенении порохового заряда;
- замедленном воспламенении порохового заряда;
- неполном сгорании пороха (его выбросе из канала ствола);
- недолете снаряда;
- преждевременном воспламенении порохового заряда;
- прорыве пламени в сторону затвора (назад).

НДБ за счет разрывного заряда проявляется в:

- преждевременном разрыве снаряда в канале ствола, у дульного среза или в полете;
- частичном разрыве снаряда или полном его неразрыве.

НДБ за счет автоматики подрыва боеприпасов имеют те же проявления, что и для разрывного заряда.

Одним из наиболее часто фиксируемых проявлений НДБ является преждевременный разрыв снаряда (ПРС) [10] и не разрыв снаряда (НРС) [11]. Дадим характеристику этих явлений.

Изучение ПРС как физического явления позволяет классифицировать его по следующим классификационным признакам (рис. 4).



Рисунок 4 – Классификация случаев преждевременных разрывов снарядов

Перечень чрезвычайных происшествий с ПРС (premature detonation) имевшие место в период 1905–2011 гг. в вооруженных силах различных стран мира, собранные с использованием данных размещенных в сети Интернет, представлен в табл. 1 и 2. Приведенный список не претендует на полноту.

Целью приведенных данных является иллюстрация факта достаточной распространенности вышеописанного явления и обобщение данных о нем. Дополнительная информация о ПРС, имевших место в 1960-х гг. с 105-мм гаубицей М1; случаях в 1970-х гг. с 81-мм минометом в вооруженных силах США; случаях ПРС в 1980-х гг. с гаубицей G5 в южноафриканских вооруженных силах приведена в [49–51]. Материальные и людские потери для каждого конкретного случая определяются по ссылкам, приведенным в таблице 1 в колонке с номером 6.

Таблиця 1 – Чрезвычайные происшествия связанные с НДБ артиллерийских боеприпасов

№/№	Дата	Место	Принадлежность	Краткое описание	Источник
1	2	3	4	5	6
1	09.1905	Морское сражение в Цусимском проливе	ВМС Японии	Преждевременный взрыв 304-мм снаряда в стволе корабельного орудия броненосца Mikasa	12
2	06.1915	Акватория средиземноморского побережья Турции	ВМС Великобритании	Преждевременный взрыв 152-мм снаряда в стволе корабельного орудия монитора HMS Humber	13
3	09.1915	Акватория побережья Дании	ВМС Великобритании	Преждевременный взрыв 304-мм снаряда в стволе корабельного орудия монитора HMS Lord Clive	14
4	07.1944	Боевые действия на Филиппинах	ВМС США	Преждевременный взрыв 127-мм снаряда в стволе корабельного орудия эсминца Bush (DD 529)	15
5	04.1952	Боевые действия в Корее	ВМС США	Взрыв порохового заряда 203-мм орудия крейсера St. Paul (CA-73)	16
6	09.1956	–	ВМС США	Преждевременный взрыв 127-мм снаряда в стволе корабельного орудия эсминца Buck (DD 761)	17
7	05.1965	Боевые действия во Вьетнаме	ВМС США	Преждевременный взрыв 127-мм снаряда в стволе корабельного орудия эсминца Somers (DDG-34)	18
8	07.1969	Акватория атлантического побережья Франции	ВМС Великобритании	Преждевременный взрыв 381-мм снаряда в стволе корабельного орудия монитора HMS Erebus	19
9	09.1969	Боевые действия во Вьетнаме	ВМС Австралии	Преждевременный взрыв 127-мм снаряда в стволе корабельного орудия эсминца Brisbane (D 41)	20
10	11.1969	Боевые действия во Вьетнаме	15-й полк полевой артиллерии СВ США	Преждевременный взрыв 203-мм снаряда в стволе гаубицы M110.	21

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
11	05.1970	Боевые действия в Камбодже	СВ США	Преждевременный взрыв 105-мм снаряда в стволе гаубицы	22
12	10.1972	Боевые действия во Вьетнаме	ВМС США	Преждевременный взрыв 203-мм снаряда в стволе корабельного орудия крейсера Newport (CA-148)	23
13	01.1973	Боевые действия во Вьетнаме	ВМС США	Преждевременный взрыв 127-мм снаряда в стволе корабельного орудия эсминца Herry B. Wilson (DDG-7)	24
14	06.1978	Тихоокеанский флот СССР	ВМС СССР	Взрыв порохового заряда в трехорудийной башне главного калибра (МК-5 бис, калибр 152-мм) крейсера «Адмирал Сенявин» при выполнении артиллерийской практической стрельбы	25
15	07.1980	Гавайские острова	СВ США	Преждевременный взрыв 105-мм снаряда в стволе гаубицы	26
16	05.1986	Camp Lejeune, штат Северная Каролина	Полигон ВС США	Взрыв мины в канале ствола 81-мм миномета при выполнении стрельб	27
17	04.1989	Акватория острова Пуэрто-Рико	ВМС США	Взрыв боеприпаса в боевом отделении второй корабельной артиллерийской башни линкора Iowa (BB-61). Инцидент произошел в стволе второго 406,4-мм орудия.	28
18	1990	Саудовская Аравия	101-ая воздушно-десантная дивизия СВ США	Преждевременный взрыв 105-мм снаряда в стволе гаубицы M1.	29

1	2	3	4	5	6
19	03.1994	Боевые действия в Сомали	ВВС США	Преждевременный взрыв 105-мм снаряда в стволе авиационного артиллерийского орудия самолета сил специальных операций AC-130H ВВС США. Кодовое название экипажа «Jockey 14». Взрыв 105-мм орудия инициировал пожар двигателя самолета, в результате транспортный самолет «Геркулес» упал в Индийский океан.	30
20	03.1997	Военная база Waioeru в Сингапуре	23-й батальон СВ Сингапура	Преждевременный взрыв 155-мм снаряда в стволе гаубицы FH-2000. Инцидент за счет дефекта взрывателя. Последующие рентгеновские исследования взрывателей показали, что 1,3% изделий имели дефекты.	31
21	02.2003	Военный полигон (пос. Прудбой) Волгоградская обл.	СВ России	Взрыв мины в канале ствола миномета при проведении стрельб	32
22	04.2005	Военный полигон (пос. Чебаркуль) Челябинская обл.	СВ России	Взрыв мины в канале ствола миномета при проведении стрельб	33
23	11.2007	Боевые действия в Афганистане	4-й полк королевской артиллерии СВ Великобритании	Преждевременный взрыв 105-мм снаряда в стволе гаубицы.	34
24	07.2008	Военная база (пос. Шали) Чеченская республика.	СВ России	Взрыв танкового боеприпаса танка Т-62 при его перегрузке из боеукладки танка в грузовой автомобиль	35
25	05.2009	Полигон Aberdeen шт. Мериленд	СВ США	При проведении полигонных испытаний преждевременный взрыв танкового боеприпаса	36

				УБК-4М со снарядом БК-5М в танке Т-55	
--	--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
26	06.2010	Военный полигон (пос. Бурдуны) Бурятия.	СВ России	Взрыв танкового бое- припаса танка Т-72 при проведении стрельб	37
27	03.2011	Форт Bragg, штат Северная Кароли- на	10-й полк мор- ской пехоты ВМС США	Преждевременный взрыв снаряда в стволе 155-мм гаубицы М777А2.	38

Примечание: ВВС – военно-воздушные силы; ВМС – военно-морские силы; СВ – сухопут-
ные войска.

Таблица 2 – Данные о преждевременных разрывах снарядов, имевших место в
Советской армии на фронтах Великой отечественной войны в период с 22.06.1941 по
01.09.1941 гг. [3]

Калибр и наименование снаряда	Количе- ство прежде- времен- ных раз- рывов. шт.	Характер и последствия раз- рыва	Причина преждевремен- ного разрыва
76-мм ОФ снаряд (взрыватель КТМ-1)	2	Разрыв вблизи дула орудия. Отрыв дульной части ствола	Срабатывание взрывателя
76-мм фугасная граната (1915-1917 гг. изготов- ления с взрывателем КТ-3)	2	Разрыв ствола на расстоянии 230 мм от дула, разрушение люльки и поворотного меха- низма	Срабатывание взрывателя
107-мм ОФ снаряд	1	Раздутие канала ствола	Воспламенение ВВ в снаряде
122-мм ОФ снаряд (взрыватель ГВМЗ)	5	Обрыв ствола на расстоянии 350-1000 мм от дульного среза	Срабатывание взрывателя
152-мм ОФ снаряд (взрыватель РГМ)	5	Разрушение ствола, люльки и противооткатного механизма	Причина неизвестна
152-мм ОФ снаряд (взрыватель РГМ)	4	Срыв полей нарезов и повре- ждение дульного тормоза	Воспламенение ВВ в снаряде
152-мм ОФ снаряд (взрыватель РГМ)	2	Разрыв снаряда перед дулом орудия на расстоянии 15–20 м	Срабатывание взрывателя
152-мм ОФ снаряд (взрыватель ГВМЗ)	3	Разрыв дульной части ствола	Срабатывание взрывателя
203-мм бетонобойный снаряд	1	Раздутие ствола	Воспламенение ВВ в снаряде

Примечание: ОФ – осколочно-фугасный

Одной из разновидностей дефектов производства разрывного заряда является наличие зазоров между зарядом и стенками зарядной камеры корпуса снаряда, а также трещины (полости) в разрывном заряде. В процессе хранения в шашке разрывного заряда идут процессы разложения взрывчатого вещества, молекулярной диффузии и конвективного массопереноса компонентов взрывчатого вещества. Это приводит к развитию свободного объема зазоров, трещин и обогащения находящейся в них воздушной смеси газообразными продуктами деструкции взрывчатого вещества и лакового покрытия внутренней поверхности зарядной камеры снаряда (рис. 5). При выстреле газозвушная смесь подвергается ударному сжатию и разогреву. Отвод тепла происходит через взрывчатое вещество, которое в зависимости от интенсивности воздействия может перейти в режим горения с последующей детонацией.

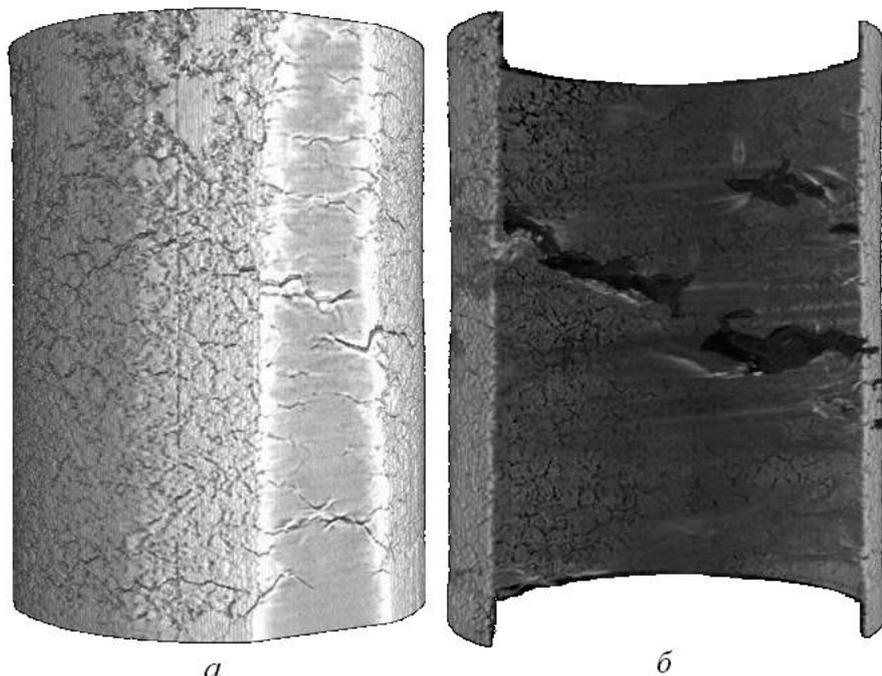


Рисунок 5 – Томографическое изображение трещин (полостей) внутри разрывного заряда:
а – внешний вид заряда взрывчатого вещества соприкасающегося со стенкой;
б – расположение трещин (полостей) внутри и снаружи разрывного заряда

Интенсивность воздействия на разрывной заряд зависит от баллистических свойств метательного заряда. Увеличение максимального давления в канале ствола, характерного для порохов находившихся в долговременном хранении, приводит к увеличению напряжений во взрывчатом веществе. Аналогичное действие оказывает эффект увеличения значения давления форсирования, имеющего место при росте износа канала ствола. Подтверждением данного сценария НДБ являются исследования проведенные при выявлении причин отказов авиационной автоматической пушки М230 вертолета АН-64А Apache [47].

Начало операций Enduring Freedom (несокрушимая свобода) и Iraqі Freedom (свобода Ираку, Second Gulf War) сопровождалось значительным возрастанием случаев НДБ 30-мм выстрелов М789 пушки М230 вертолета АН-64А [52]. Следует отметить, что такого рода инциденты, в том числе факты преждевременного разрыва боеприпасов, регистрировались и ранее в 80-х и 90-х годах [47]. Оценив опасности связанную с НДБ, было принято решение о запрещении к использованию более чем 1,1 млн. 30-мм

выстрелов M789, произведенных до 1987 г. Так как пушка M230 была принята на вооружение в армию США в 1984 г., то календарный срок хранения самых «молодых» и «старых» боеприпасов из категории запрещенных к использованию на начало операции Enduring Freedom (2001 г.) был 14–17 лет, а на начало Iraq Freedom (2003 г.) 16–19 лет.

Таблица 3 – Баллистические характеристики выстрела M789

Температура, °C	Диапазон нормальных начальных скоростей (ННС) снаряда, м/с	Средняя начальная скорость внутри диапазона ННС, м/с	Допустимый разброс начальных скоростей, м/с
21±5	795–815 (20 м/с)	805	25

Источник: MIL-C-63982A(AR) – cartridge, 30mm high explosive dual purpose, M789; пункт 3.8. [53]

Выстрел M789 является выстрелом комбинированного (двойного) поражающего действия – кумулятивного и фугасного. Снаряд снаряжен бризантным взрывчатым веществом PBXN-5 и имеет кумулятивную воронку. Метательный заряд состоит из средства воспламенения (капсульной втулки) PA520, воспламенителя IB52, порохового заряда на базе нитроцеллюлозного сферического пороха типа Ball Powder. Выстрел M789 предназначен для уничтожения легкобронированной техники, наземных объектов и вертолетов противника. Основные баллистические характеристики M789 приведены в табл. 3.

Из 215 зарегистрированных происшествий нештатным функционированием пушки M230 – 94 случая (44 %) были классифицированы как инциденты произошедшие по вине боеприпаса из них:

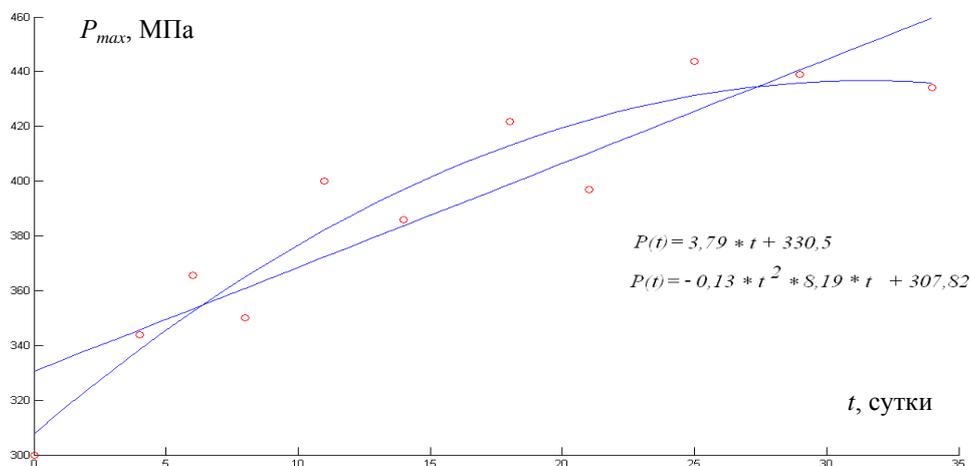
- 59 % (55 случаев) отнесены к дефектам взрывателя и дефектам металлических конструктивных компонентов этого выстрела;
- 38 % (36 случаев) к дефектам взрывчатых веществ (разрывного и метательного зарядов), входящих в состав 30-мм выстрелов;
- 3 % (3 случая) за счет служебного обращения и несоответствия условий хранения.

Как известно, процесс старения пороха часто имитируют длительным прогреванием выстрела в термостабилизированных камерах. Один день прогрева имитирует N лет хранения боеприпаса в условиях арсенала (базы). При соотношении 1:1 один день нагрева «предсказывает» состояние взрывчатого вещества через 1 год.

Процедуру прогрева пороха с целью исследования его геронтологических свойств (propellant accelerated ageing or aging (american)) не следует путать с процедурой так называемого «термления», т.е. предварительного разогрева выстрела с целью компенсации поправки на изменение температуры метательного заряда.

Для исследования влияния геронтологических изменений пороха на баллистические характеристики метательного заряда выстрела M789 в [47] был произведен отстрел 55 артиллерийских выстрелов, подвергнутых прогреву при температуре 71 °C в течении 35 дней. Стрельба проводилась по 5 выстрелов 11 раз в 1-й, 5-й, 7-й, а также в 9, 12, 15, 19, 22, 26, 30, 35 дни с начала процедуры нагрева. Для исследований была выбрана партия 1995 года с «возрастом» 12 лет. Минимальный промежуток между испытаниями составил 2 суток, максимальный 5 суток. При каждом эксперименте фиксировалось внутрикамерное давление и начальная скорость снаряда. Результаты исследова-

ний показують, що прогрів боеприпаса приводить до підвищенню максимального тиску всередині каналу ствола. Різниця між тисками на початковій стадії (1-й день) і в кінці термічної обробки (35-й день) становить 134,3 МПа, що відповідає збільшенню тиску на 45 %, а відповідно, доповільному збільшенню напружень всередині розривного заряду (рис. 6).



стветует увеличению давления на 45 %, а следовательно, доповільному увеличению напружений всередині розривного заряду (рис. 6).

Рисунок 6 – Динаміка зміни максимального тиску всередині каналу ствола (P_{max}) при 35-денному нагріванні металевого заряду

На рис. 6 представлені криві апроксимуючі експериментальні дані в формі поліномів першого і другого порядків. Для полінома другого порядку можна показати, що швидкість наростання максимального тиску (P_{max}) після 24–26 днів процедури нагрівання наближається до нуля. При прийнятті співвідношення 1:1, наростання P_{max} припиняється в проміжку 24–26 років зберігання.

Схожі результати по приросту максимального тиску (P_{max}) при проведенні термічного старіння пороху отримані в роботі [54]. В даному випадку дослідженню були піддані три типи пороху, а тривалість термічного впливу становила 28 сут. Результати проведення термічного старіння порохів наведені в табл. 4.

Таблиця 4 – Результати проведення термічного старіння порохів

Тип пороху	Параметри термічного старіння		Розкладання стабілізатора		Деградація нітроцелюлози, %	Зміна P_{max} , МПа
	Тривалість, сутки	Температура, °С	Тип	Кількість, %		
Одноосновний порох флегматизований ДБФ	28	71	ДФА	45	14	+ 9
Сферичний порох (Ball powder)	28	71	ДФА	100	37	+ 73,4
Полу-двоосновний	28	71	АК	32	26	+ 180

порох на ДЕГДН						
----------------	--	--	--	--	--	--

Примечание: АК – акардит; ДБФ – дибутилфталат; ДЕГДН – диэтиленгликольдинитрат; ДФА – дифениламин.

Вторым значимым проявлением НДБ является неразрыв (частичный разрыв) снаряда. Американские военные специалисты количественно оценили нижнюю и верхнюю границы НРС при полигонных стрельбах артиллерии [39–41]. Граница НРС по результатам этих исследований находится в диапазоне 2–10 % от общего числа совершенных выстрелов. Приведенные цифры меняются в зависимости от типа боеприпасов и от сборочных партий. Исследование феномена НРС в виде неразрыва или частичном разрыва снарядов (failure rate, dud rate) при проведении тестовых стрельб на военных полигонах объединены в табл. 5 [42]. Стрельбы проводились по программе изучения надежности армейских запасов боеприпасов сухопутных войск вооруженных сил США в 2000 г. (the Army's Ammunition Stockpile Reliability Program).

Следует отметить тот факт, что по мнению экспертов [41] определенное количество НРС является заниженным ввиду того, что боеприпасы, использованные для полигонных стрельб были подвергнуты тщательному отбору и проверкам, что практически не реализуется при массовом боевом применении артиллерии. Можно предполагать, что в реальной боевой обстановке число боеприпасов с НРС возрастет. Это утверждение косвенно подтверждается выводами работы [43], в которой приведены оценки количества неразорвавшихся (частично разорвавшихся) авиационных боеприпасов, найденных при разминировании территории Лаоса и Камбоджи. Верхние и нижние границы этого количества авиабомб составляют 10–30 %.

Одной из причин нештатных разрывов боевого заряда взрывчатого вещества является низкоскоростная детонация (low-order detonation, low-order non-tactical detonations), которая сопровождается неполной детонацией взрывчатого вещества. Причины и механизм этого явления сходен с ПРС.

Таблица 5 – Количество неразрывов (частичных разрывов)

Типы артиллерийских боеприпасов	Усредненное количество неразрывов (частичных разрывов) боеприпасов, %
Артиллерийские боеприпасы для пушек	4,68
Артиллерийские боеприпасы для гаубиц	3,75
Артиллерийские боеприпасы для минометов	2,91
Артиллерийские боеприпасы для безоткатных орудий	3,40
Неуправляемые реактивные снаряды	3,84
Суббоеприпасы	8,23

Процент неразрывов (частичных) разрывов оболочек пушечных снарядов за счет низкоскоростной детонации по оценкам [44] составляет 0,16 %. Источник [45] сообщает, что в результате неполной детонации взрывчатого вещества, в среднем только приблизительно 90 % взрывчатки претерпевают взрывчатое превращение, а остаточные 10 % играют роль так называемой «инертной» прослойки, которая не участвует в процессе детонации, претерпевая механическую дефрагментацию и разброс в виде крупнодисперсных частиц.

Американским стандартом по исследованию причин отказов боеприпасов и взрывчатых веществ [46] установлены следующие количественные нормы НДБ при превышении которых необходимо проводить дополнительные исследования фактов НДБ:

- НРС осколочно-фугасных и кумулятивных, бронебойных оперенных подкалиберных снарядов – 5 %;
- осечки осколочно-фугасных и кумулятивных снарядов 1 %.

Выводы

Дефекты производства и геронтологические изменения в артиллерийских боеприпасах относятся к основным факторам, которые определяют их ненормальное действие при стрельбе.

Необходимость учета причинно-следственных связей при расследовании ненормального действия боеприпасов требует рассматривать артиллерийский выстрел в единстве метательного и разрывного заряда. Изменения баллистических свойств пороха, выражающиеся в увеличении P_{max} обуславливают возрастание напряжений возникающих в разрывном заряда при выстреле, а увеличивающиеся объемы газоздушных полостей приводят к дополнительному прогреванию разрывного заряда за счет сжатия газа и воздуха скопившихся в полостях.

Одним из путей оценки увеличения P_{max} метательного заряда и объема газоздушных полостей разрывного заряда без разрушения конструкции боеприпаса является проведение рентгено-томографических исследований с целью определения распределения плотности по всему объему артиллерийского выстрела.

С целью исключения возможных НДБ при стрельбе, необходимо проводить 100 % рентгено-томографический контроль боеприпасов не только на этапе производства, но и при их технической эксплуатации в арсенале (базе) и на предприятиях утилизирующих артиллерийские боеприпасы.

Литература

1. Устав внутренней службы вооруженных сил СССР (утв. Указом президиума верховного совета СССР от 30.07.1975) – Москва.: – Воениздат, 1975. М., – 165 с.
2. Инструкция по контролю технического состояния боеприпасов. – Москва.: – Воениздат, 1975. – 96 с.
3. Лаврик Х.М. Преждевременные разрывы артиллерийских снарядов. – М.: Машиностроение, 1984. – 232 с.
4. Молчанов Г.Г., Туркин П.И. Курс артиллерии. Книга 5: Боеприпасы. – М.: Воениздат НКО СССР, 1949.– 212 с.
5. Charles W. Jackson. Are Your Ammunition Procedures Dangerous? Электронный ресурс – sill-www.army.mil/famag/1969/NOV.../NOV_1969_PAGES_57_62.pdf.
6. Yan Yan Liu Yan. Some safety problems of ammunitions in service management. Электронный ресурс http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-AQHJ200004006.htm.
7. Смирнов Л.П. Математическое моделирование процессов разложения взрывчатых веществ // Успехи химии.– 2010.– №79.– С. 466–490.
8. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М. Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения. – Харьков.: Изд-во академии внутр. войск МВД Украины, 2010.– 130 с.

9. Смирнов Л.П. Химическая физика разложения энергетических материалов. Проблемы и перспективы // Успехи химии.– 2004.– №73.– С. 1210–1234.
10. Pimbley, G.H. ; Marshall, E.F. Premature detonation problem. Artillery shells. Los Alamos Scientific Lab., Report Number(s) -LA-8352-MS Электронный ресурс – http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti_id=5376921.
11. Балаганский И.А., Мержиевский Л.А. Действие средств поражения и боеприпасов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 408 с.
12. Повреждения японских кораблей в сражении при Цусиме. Электронный ресурс – <http://www.battleships.spb.ru/Tsusima/Tsusima3.html>.
13. Britain 6"/50 (15.2 cm) BL Mark XIV. Электронный ресурс – http://www.navweaps.com/Weapons/WNBR_6-50_mk14.htm.
14. HMS Lord Clive. Электронный ресурс – http://en.wikipedia.org/wiki/HMS_Lord_Clive_%281915%29#cite_ref-6.
15. USS Bush (DD 529). Электронный ресурс – <http://www.ussbush.com/memory2.htm>.
16. USS Saint Paul (CA-73). Электронный ресурс – http://en.wikipedia.org/wiki/USS_Saint_Paul_%28CA-73%29.
17. Welcome to the USS Buck (DD-761) Association. Электронный ресурс – <http://ussbuck.org>.
18. USS Somers history. Электронный ресурс – <http://www.ussomers.com/history.htm>.
19. HMS Erebus vs Battery Goldbrunner, September 1944. Электронный ресурс – <http://www.worldaffairsboard.com/battleships-board/44677-16-guns-vs-hard-targets-reality-check-4.html>.
20. Vietnam, July 22, 1969. Looking down the bore of HMAS BRISBANE [II]'s exploded 5-inch gun. Электронный ресурс – <http://www.flickr.com/photos/41311545@N05/5542147255/in/photostream>.
21. The Guns in Vietnam. Электронный ресурс – <http://www.landscape.net/theguns.htm#8-inch%20Howitzer%20%28M110%29>.
22. X09. The premature explosion of an 105 mm. howitzer round in Cambodia (May 22, 1970) Электронный ресурс – <http://openjurist.org/512/f2d/77/challoner-v-day-and-zimmermann-inc>.
23. United States of America 8"/55RF (20,3 cm) Mark 16. Электронный ресурс - http://www.navweaps.com/Weapons/WNUS_8-55_mk16.htm.
24. Casualties: USN and USMC Personnel Killed and Injured in Selected Accidents and Other Incidents Not Directly the Result of Enemy Action, 1946–1989 Электронный ресурс <http://www.navalhistory.org/2010/04/28/casualties-usn-and-usmc-personnel-killed-and-injured-in-selected-accidents-and-other-incidents-not-directly-the-result-of-enemy-action-1946-1989>.
25. Взрыв на крейсере «Адмирал Сенявин». Электронный ресурс – http://www.atrinaflot.narod.ru/81_publications/explosion_turret_1.htm.
26. Personal injury damage action. Электронный ресурс – <http://ftp.resource.org/courts.gov/c/F2/884/884.F2d.492.88-2697.88-2696.html>.
27. Two servicemen were killed, and another was seriously injured (May 15, 1986) Электронный ресурс – <http://ftp.resource.org/courts.gov/c/F2/913/913.F2d.242.89-6123.html>.
28. Взрыв на американском линкоре «Айова». Электронный ресурс – http://www.atrinaflot.narod.ru/81_publications/explosion_iowa.htm.

29. Walls J. C., Webb D. S. Dynamic impact analysis of the M1 105mm projectile. Central Engineering Services. ORNL/ENG/TM-40. Электронный ресурс – <http://www.scribd.com/doc/28219385/Dynamic-Impact-Analysis-105mm-Projectile-1993>.
30. List of C-130 Hercules crashes. Электронный ресурс – http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_C-130_Hercules_crashes.
31. Waiouru Army Camp. Электронный ресурс – http://en.wikipedia.org/wiki/Waiouru_Army_Camp.
32. Интернет портал «Новости России». Электронный ресурс – <http://www.newsru.com/russia/27feb2003/blast1.html>.
33. Интернет портал «Новости России». Электронный ресурс – http://www.newsru.com/russia/01apr2005/vzryv_na_poligone.html.
34. Squaddies Survive Fireball. Электронный ресурс – http://www.modoracle.com/news/Squaddies-Survive-Fireball_14666.html.
35. Интернет портал «Российская газета». Электронный ресурс – <http://www.rg.ru/2008/07/17/shali.html>.
36. Online information for defence community. Электронный ресурс – <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA532258>.
37. Интернет портал «Новости России». Электронный ресурс – <http://www.newsru.com/russia/10jun2010/poligon.html>.
38. Artillery explosion at Fort Bragg injures 10 military members. Электронный ресурс – <http://www2.nbc17.com/news/2011/mar/15/12/10-military-members-injured-fort-bragg-artillery-e-ar-863585>.
39. Dauphin. L. and Doyle. C., United States Army Environmental Center Report of Findings For: Study of Ammunition and Dud and Low Order Detonation Rates. Report SFIM-AEC-ET-CR-200049, U.S. Army Environmental Center, Aberdeen Proving Ground, MD, 2000.
40. Dauphin. L. and Doyle. C., United States Army Environmental Center Report of Findings For: Phase II Study of Ammunition and Dud and Low Order Detonation Rates. Report SFIM-AEC-PC-CR-200139, U.S. Army Environmental Center, Aberdeen Proving Ground, MD, 2001.
41. MacDonald Jacqueline, Mendez Carmen. Unexploded ordnance cleanup costs: implications of alternative protocols. Santa Monica. RAND Corporation. 2005. 110 p. Электронный ресурс – www.rand.org/pubs/monographs/2005/RANd_MG244.pdf.
42. Army Environmental Center and Army Technical Center for Explosives Safety, Study of Ammunition Dud and Low Order Detonation Rates, SFIM-AEC-ET-CR-200049, Army Environmental Center: Aberdeen Proving Ground, Maryland, 2000.
43. Lauritzen, Erik, The Challenge of Demilitarisation and Disposal of Ammunition, Military Technology, Vol. 25, No. 7 (2001), pp. 34–39.
44. Hazardous materials. Northwest training range complex environmental impact statement/overseas environmental impact statement (EIS/OEIS). December 2008. Электронный ресурс – www.nwtrangecomplexeis.com/.../Resource_Section_3_Hazardous_Materials.pdf.
45. Gerald J. A. and Dortch M. S. Predicting range UXO source quantity and its impact on future training. U.S. Army Engineer Research and Development Center, USA. Электронный ресурс - <http://library.witpress.com/pages/PaperInfo.asp?PaperID=12294>.
46. AP-75-1. Malfunctions involving ammunition and explosives (RCS CSGLD-1961) – 28 p.

47. Hirlinger John, Kukuck Scott. M789 LW 30mm HEDP cartridge in-bore detonation investigation. Электронный ресурс – www.dtic.mil/ndia/2007gun_missile/.../HirlingerPresentation.pdf.
48. Ветошкин А.Г. Надежность техногенных систем и техногенный риск. – Пенза.: Изд-во ПГУАиС, 2003. – 154 с.
49. Ciccia, Joseph F. Malfunction investigation of cartridge, 105-mm HE composition B, M1 with fuze, PD: M51A5. Technical report AD0424555. Piccatinny Arsenal. 1963, – 72 p. Электронный ресурс – <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0424555>.
50. McPartland John, Pick William. In-bore premature malfunction investigations of the 81-mm high explosive mortar cartridges with the M526, M524A5 and XM176 point detonating fuzes. Technical report 4321. Piccatinny Arsenal. 1972, - 86 p. Электронный ресурс – <http://www.stormingmedia.us/40/4013/0401398.html>.
51. Cooking off. Электронный ресурс – http://en.wikipedia.org/wiki/Cooking_off.
52. Kenneth Insko. 30-mm Apache Ammunition In-Bore and Hang Fire Investigation Team (ИИТ). Army AL&T. Электронный ресурс – http://findarticles.com/p/articles/mi_7463/is_200801/ai_n32260187.
53. MIL-C-63982A(AR) – Cartridge, 30mm high explosive dual purpose, M789.
54. Vogelsanger B., Ossola B., Schadel U., Antenen D., Ryf K. Ballistic shelf life of propellants for medium and small calibre ammunition – influence of deterrent diffusion and nitrocellulose degradation. Электронный ресурс – www.xrayct.com/documents/data/IBS19/

УДК 623.451.4

Аніпко О.Б., Хайков В.Л.

ДЕФЕКТИ ВИРОБНИЦТВА Й СТАРІННЯ ЯК ОСНОВНІ ФАКТОРИ МОЖЛИВОЇ НЕНОРМАЛЬНОЇ ДІЇ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ

У результаті проведеного літературного огляду були розглянуті основні причини ненормальної дії кондиційних боєприпасів (НДБ). З метою виключення можливих НДБ при стрільні обґрунтована необхідність проведення 100 % томографічного контролю боєприпасів не тільки на етапі виробництва, але й при їхній технічній експлуатації в арсеналі (базі) і на підприємствах утилізуючи артилерійські боєприпаси.

Anipko O.B., Hajkov V.L.

DEFECTS OF MANUFACTURE AND AGEING AS MAJOR FACTORS OF POSSIBLE ABNORMAL ACTION OF THE ARTILLERY AMMUNITION

As a result of the spent literary review principal causes of abnormal action an ammunition (AAA) have been considered. On purpose isklju-chenija possible AAA at shooting necessity of carrying out of 100 % rentgeno-tomografics the control of an ammunition not only at a production phase is proved, but also at their technical operation in an arsenal (base) and at the enterprises recycling an artillery ammunition.