

## Основные причины нештатного действия боеприпасов и возможные способы их устранения

# 05, май 2013

DOI: 10.7463/0513.0571026

Козлов В. И.

УДК 623.451

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

[vkozlov38@yandex.ru](mailto:vkozlov38@yandex.ru)

### Введение

В практике боевых стрельб приходится сталкиваться со случаями преждевременных разрывов боеприпасов (БП), происходящих в канале орудия или в непосредственной близости от него. Вполне очевидно, что нарушение безопасности стрельбы даже в единичных случаях отрицательно влияет на моральный дух солдат и порождает недоверие к боевой технике. Поэтому полная безопасность боеприпасов при выстреле – одно из важнейших требований, к выполнению которого необходимо стремиться еще на стадии проектирования и испытаний отдельных элементов выстрела. Преждевременное действие БП может быть обусловлено причинами конструктивного, производственного и эксплуатационного характера. Две последние категории причин – результат недостаточного знания устройства материальной части и принципа ее действия. Причины, зависящие от несовершенства или недоработки конструкции БП, не всегда могут быть учтены заранее и поэтому требуют особого изучения и исследования.

Цель работы состоит в анализе нештатных срабатываний и отказов боеприпасов БП и ВУ в их составе на основе опыта их применения в период Второй мировой войны и послевоенной их модернизации.

Научная новизна работы заключается в обобщении полученных при этом результатов и рекомендаций на их основе мероприятий по дальнейшему совершенствованию БП и ВУ. Предложена обобщающая модель по выявлению причин нештатного действия БП или ВУ (т.н. «метод исключения»).

Статья основана на исследованиях по анализу нештатных действий БП и ВУ, проведенном в целом ряде предшествующих работ [1-7]. Изложенные в них результаты и причины нештатного действия БП и ВУ, позволили систематизировать их по основным этапам функционирования, а также обосновать методику их выявления в результате теоретических и экспериментальных исследований. Полученные при этом выводы в статье проиллюстрированы на примерах реальных послевоенных модернизаций конкретных ВУ.

Преждевременные разрывы БП могут происходить в канале ствола орудия и после вылета из орудия: в первом случае вследствие аномального поведения орудия и отдельных элементов выстрела, а во втором – главным образом по вине взрывателя (ВУ). Можно указать следующие основные причины преждевременных разрывов в канале ствола орудия.

1) Изменение структуры порохового (метательного) заряда при низких температурах (от 40 до 50 °С) и, как следствие, – более быстрое сгорание пороха, сопровождающиеся резким повышением давления в канале ствола, при котором прочность стенок орудия может оказаться недостаточной.

2) Недосылка снаряда при зарядании, т.е. изменение нормальных условий воспламенения заряда, что может привести к резкому увеличению давления и, соответственно, разрыву стенок канала ствола орудия или даже отрыву казенной части.

3) Недостаточная прочность стенок корпуса БП и его головной части, что может привести к деформированию или разрушению и, соответственно, к воспламенению взрывчатых веществ (ВВ) в БП и разрыву орудия.

4) Наличие дефектов в металле доньев БП (трещины, раковины и др.), через которые газы заряда проникают к ВВ БП и вызывают его горение, обычно при этом происходит заклинивание БП в канале ствола, что может вызвать преждевременное срабатывание ВУ и полный разрыв орудия.

5) Отсутствие надежной обтюрации в БП с винтным дном (обычно с помощью свинцовых прокладок), что также может привести к прорыву пороховых газов.

6) Дефекты снаряжения БП (раковины, трещины, пузырьчатость и др.), вызывающие перемещение частиц ВВ в момент выстрела или местное повышение давления, вследствие чего может произойти взрыв ВВ.

7) Недостаточная стойкость ВВ к сотрясению при выстреле; следует, однако, отметить, что современные ВВ достаточно изучены и могут послужить причиной преждевременных взрывов при выстреле крайне редко.

8) Конструктивные и производственные недостатки взрывателей и их узлов:

- неправильная сборка;
- недостаточный учет климатических и эксплуатационных факторов;
- чувствительность к сотрясению при выстреле капсюля – воспламенителя (КВ) и капсюля детонатора (КД);

При установлении причины преждевременных разрывов БП необходимо в первую очередь тщательно изучить условия, при которых они возникали, осмотреть сомнительные элементы выстрелов, провести необходимые расчеты и затем проверку стрельбой.

Если не удастся выявить конкретную причину, проверку стрельбой следует вести «методом исключения». Если, например, предполагаемыми причинами преждевременного разрыва являются дефекты корпуса БП, боевого заряда (БЗ) или взрывателя, то производят последовательные испытания этих элементов, начиная с корпусов БП, снаряженных инертным веществом и приведенных к нормальному весу, с холостой втулкой вместо взрывателя. Если не обнаруживаются дефекты корпусов БП, то следующим этапом испытаний является стрельба БП, снаряженных ВВ, с холостой втулкой или охлажденным ВУ. Если и при этом не получают преждевременные разрывы, что указывает на отсутствие дефектов ВВ и снаряжения, то третьим и последним этапом испытаний является отстрел БП с полным снаряжением с ВУ.

Отметим возможные случаи неправильного действия ВУ, способные привести к преждевременному разрыву:

1) При выстреле во время движения БП в канале орудия:

– самопроизвольное действие капсюлей от сотрясения при выстреле (РГМ-2). Здесь и далее под этим понимается маркировка взрывателя (в данном случае РГМ-2 – Рдултовский головной мембранный 2-й модификации);

– преждевременное или неправильное действие ударных механизмов (слабая контрпредохранительная пружина – КТД);

– для донных ВУ – ненадежная обтюрация ВУ в местах соединения его с БП.

2) Непосредственно после вылета БП из канала ствола:

– неправильное действие узлов и деталей ВУ;

– самопроизвольное воспламенение капсюлей.

3) Во время полета БП на траектории:

– нутация БП, приводящая к преждевременному действию ВУ (РГМ-2);

– влияние метеоосадков (дождь, снег и т.д.) (МГ-37).

Рассмотрим теперь более подробно основные конструктивные меры, направленные на устранение разрывов БП по вине ВУ.

### *1 Самопроизвольное действие капсюлей от сотрясения при выстреле*

Основной мерой является включение в состав ВУ механизмов изоляции капсюлей – предохранительно-воспламенительного устройства (ПВУ) или предохранительно-детонирующего устройства (ПДУ). Следует отметить, что изоляция КВ (в ПВУ) ввиду возможной недостаточной стойкости обязательна. Исключением является взрыватель РГМ-6, в котором для этой цели используется блокирующий механизм (стопор ныряло) (рисунок 1). Здесь и далее на рисунках красным цветом отмечены элементы модернизации и ВУ (пояснения в тексте). Этот механизм относится к блокирующим устройствам, т.е. работает лишь в аномальном действии ВУ – главным образом самопроизвольное срабатывание КВ при выстреле (от сотрясения) при установке ВУ на замедленное действие. В этом случае стопор блокирующего механизма под действием пороховых газов срабатывающего КВ срезает предохранительную чеку, опускается вниз и фиксирует поворотную втулку ВУ.

Изоляция КД оправдывает себя в тех случаях, когда эти капсюли не обладают необходимой стойкостью, а также в ВУ для БП крупных калибров, в частности к донным взрывателям (ДБТ). Следует отметить, что включение в состав ВУ ПДУ практически исключает необходимость включать в их состав ПВУ.

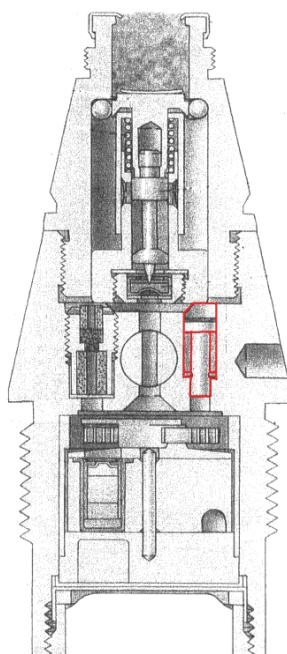


Рис. 1 – РГМ-6

## **2 Неполная обтюрация в донных взрывателях**

Для обеспечения обтюрации этих ВУ в местах соединения с БП или закрепления установочного крана обычно используют свинцовые или медные кольца и прокладки. Данная мера эффективна, когда толщина колец превосходит глубину канавок во фланце корпуса ВУ, а поджим происходит усилием, достаточным для деформирования металла и заполнения всех зазоров в местах соединения.

## **3 Неправильное действие ударных механизмов**

Срабатывание этих механизмов в канале ствола возможно, если предохранители взводятся и освобождают ударник до вылета БП из канала ствола (что происходит крайне редко). Во ВУ с инерционным ударным механизмом это может произойти в результате торможения движения БП (при засоренном стволе). К основным причинам срабатывания ударного механизма на траектории следует отнести:

- набегание инерционного ударника вследствие падения скорости БП после вылета из канала ствола;
- нутацию и прецессию БП;
- воздействие метеосадков;
- отдачу предохранительных и взводящих пружин, вызывающую при некоторых сочетаниях допусков перемещение инерционного ударника;
- недосылку снаряда при зарядании.

Недосылка БП при зарядании и падение скорости вращения на траектории – основные причины преждевременных разрывов в этот период. При недосылке БП может произойти срыв ведущего пояса при выстреле в момент врезания в нарезы, вследствие чего БП не получает должного вращения вокруг оси и вращается произвольно относительно центра массы. На детали ВУ, удаленные от ц.м., действует центробежная сила инерции, вследствие чего они перемещаются по оси БП. Чаще всего это – инерционный ударник, при достаточной величине ускорения способный преодолеть сопротивление относительно слабой контрпредохранительной пружины. Опыт показывает, что преждевременные разрывы БП происходят на расстояниях от нескольких десятков до нескольких сотен метров от орудия.

Вследствие падения угловой скорости снаряда на траектории возрастает угол атаки, что приводит к снижению устойчивости. При нормальном полете угол атаки на всем протяжении траектории достаточно мал и не влияет заметным образом на

поведение подвижных деталей взрывателя. Однако при стрельбе на большие дальности происходит заметное увеличение этого угла, что приводит к снижению кучности.

Существенным недостатком современных пьезоэлектрических ВУ является хрупкость пьезоэлемента как чувствительного элемента генератора. Например, для уменьшения влияния этого фактора на функционирование ГПВ-2 пьезогенератор (ПГ) при сборке предварительно поджимается с усилием, превосходящем усилие траекторных возмущений, а в головном взрывателе ВП-16 применяется специальное демпфирующее устройство (рисунок 2).

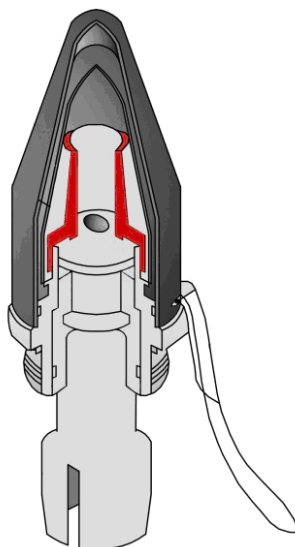


Рис. 2 – Головная часть ВП-16

#### **4. Пути совершенствования ВУ ствольной артиллерии на основе опыта применения их в период Второй мировой войны**

Основной недостаток ВУ этого периода состоял в малом значении высоты безопасного падения ( $H_{\delta}$ ), составляющей по прежним тактико – техническим требованиям (ТТТ) 0,75 м, что в несколько раз меньше требуемого. В результате этого наблюдались преждевременные разрывы БП при стрельбе с взрывателями РГМ, предварительно взведенными при случайных падениях 76-мм БП данной частью вниз с высоты более 0,75 м (при погрузочно-разгрузочных работах), а ВУ ГВМЗ без предохранительного колпачка могли срабатывать при случайном падении в этих условиях на лед головной частью вниз.

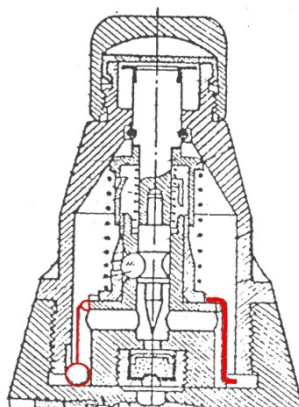


Рис. 3 – Головная часть РГМ-2

Было также установлено, что ВУ КТМ и РГМ-2 преждевременно срабатывали при стрельбе из сильно изношенных стволов (второй и третьей степени износа). Противонутационный механизм ВУ РГМ-6 разработан в результате выведения из состава ВУ РГМ-2 (рисунок 3) жесткого контрпредохранителя, удерживающего инерционный ударник. В этом случае под действием силы нутации происходит подъем инерционного ударника, что исключает разделение его и гильзы инерционно – предохранительного механизма (ИПМ), а, следовательно, и выкатывания предохранительного шарика. При дальнейшем движении БП на траектории его угловая скорость уменьшается, это приводит к уменьшению силы нутации, в результате чего в определенный момент ударник и гильза разделяются, а шарик выкатывается, приводя ВУ в боевое положение. ВУ РГМ-2 работал нестабильно при стрельбе с установкой на замедление без предохранительного колпачка по влажному и болотистому грунту, вследствие того, что влага попадала внутрь ВУ и гасила замедлитель. Те же ВУ с колпачком давали отказы (камуфлеты) при соударении с грунтом.

Помимо сил набегания и нутации преждевременные срабатывания ВУ могут вызвать и метеорологические факторы, действующие на мембрану головного взрывателя при встрече с каплями дождя, хлопьями снега и крупинками града. Особую важность это имеет при проектировании и отработке ВУ к высокоскоростным зенитным и авиационным ВУ, т.е. необходимо разрабатывать так называемые всепогодные ВУ.

Однако этим свойством должны обладать и ВУ для БП наземной артиллерии. Так, в модернизированном ВУ РГМ-6 (рисунок 4), в отличие от ВУ РГМ-2, реакционный ударник упирается не в мембрану, а в специальный выступ корпуса

взрывателя, что при относительно небольшой скорости подобных БП дает положительный результат.

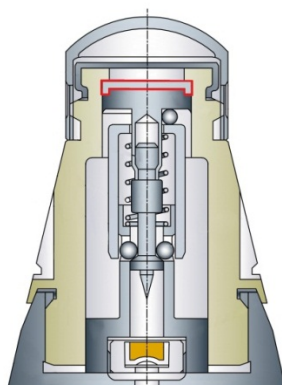


Рис. 4 – РГМ-6

Во всепогодном ВУ В-19У (рисунок 5) для зенитных БП, имеющих значительно большие скорости, мембрана заменена колпачком конической формы толщиной от 0,3 до 0,35 мм с неподвижной центральной частью. В этом случае для срабатывания ВУ необходимо обжать колпачок по его боковой поверхности и перенести шарики в сторону ударника, обеспечивающего накол КВ. В этом случае обжатие колпачка возможно только при ударе о сплошную преграду, а не при встрече с отдельными дождевыми каплями, поскольку составляющая силы капли по нормали к стенке колпачка недостаточна для срабатывания ВУ.

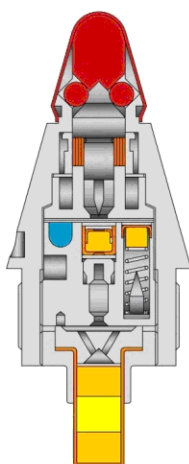


Рис. 5 – В-19У



К современным ВУ артиллерийских БП предъявляется требование обеспечения необходимости избирательности действия. Так, во ВУ ГПВ-2 она недостаточна, так как в случае промаха по основной цели (танк) и при соударении с грунтом не обеспечивается поражение пехоты противника, сопровождающей танк. Разработанный модернизированный ВУ ГПВ-3 (рисунок 6) обладает более широкой избирательностью действия, обеспечивающей поражение бронецелей, укрытых за кустами или защищенных легким металлическим (сетчатым) экраном, а также срабатывание по грунту в случае промаха за счет избирательного колпачка. При встрече БП с грунтом последний затекает в специальные заборные отверстия в корпусе головной части ВУ и обеспечивают срабатывание ВУ. Экран же при соударении «сходит» с прочного корпуса, не вызывая срабатывания ВУ.

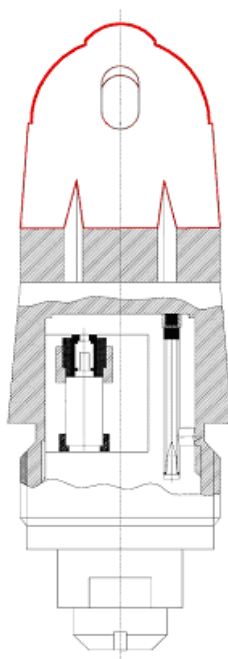


Рис. 6 – ГПВ-3

Отметим, что ВУ КТМ давали преждевременные разрывы БП при случайном засорении ствола. Недостатком ВУ типа МР являлась возможность взведения при случайных падениях БП донной частью, а также недостаточная прочность узла детонатора (из-за чего были случаи неполных разрывов при стрельбе по броне). Применявшейся для комплектации кумулятивных БП взрыватель В-22 из-за

недостаточно высокой мгновенности действия обеспечивал пробитие брони только при углах встречи, близких к прямому.

Следует отметить и другие недостатки ВУ периода Второй мировой войны:

- отсутствие у большинства ВУ механизмов дальнего взведения (МДВ);
- низкая чувствительность ВУ при встрече БП с преградой под малыми углами и отказы (заклинивание ударника) при стрельбе по скальным грунтам (ВУ ГВМЗ);
- нечеткая работа замедлителей, что в ряде случаев приводит к камуфлетам и поверхностным разрывам (РГМ-2, ГВМЗ);
- отсутствие унифицированных узлов у ВУ, разработанных по сходным ТТТ (РГМ-6, КТМ, ГВМЗ).

Основными недостатками донных артиллерийских ВУ являлись:

- неудобство эксплуатации ВУ типа КТД из-за наличия механизмов походного предохранения (во время боя его иногда забывали снимать);
- низкая чувствительность и отсутствие в составе ВУ авторегулируемого замедлителя (КТД);
- основными недостатками ВУ МД-5 были недостаточно прочное крепление взрывателя в БП, приводящее к отказам при встрече с преградой, и нестабильная работа авторегулируемого замедлителя.

При встрече БП с броней должна была происходить подпрессовка шайбой порохового замедлителя, однако, согласно рабочим чертежам ВУ, усилие прессования порохового замедлителя от 400 до 500 Н, но при массе шайбы 0,06 г для подпрессовки требуется перегрузка более  $8 \cdot 10^5$ , что нереально.

Разрабатываемые в настоящее время контактные механические ВУ проектируются с учетом необходимости исключения отмеченных выше недостатков. Особую сложность представляет реализация новых требований и прежде всего :

- обеспечение безопасности ВУ при стрельбе из засоренных стволов;
- исключение траекторных срабатываний ВУ при стрельбе из стволов 3-й категории износа;
- повышение эффективности кумулятивных БП при встрече с броней под большими углами;
- обеспечение безопасности стрельбы в случае двойного заряжания миномета и повышение высоты безопасного падения снарядов;
- разработка всепогодных взрывателей.

Отметим некоторые конструктивные усовершенствования ВУ, проведенных в послевоенное время: Б-23 – В19У, ГВМЗ – ГВМЗ7, ДБР – ДБР-2, КТД – ДБТ, РГМ – РГМ-6, ГК-2 – ВП-16 [8-10] и т.д. Дальнейшее совершенствование артиллерийских контактных механических ВУ идет по пути их унификации, стандартизации, повышения безопасности и безотказности, разработки ВУ для высокоточных БП, разработки методов автоматизированного проектирования, изготовления и испытаний ВУ.

### **Заключение**

Анализ указанных недостатков проведен с целью обоснования путей дальнейшего совершенствования ВУ. Нельзя, кстати, не отметить, что отечественные взрыватели данного типа по своим характеристикам признаны лучшими в мире. Так, по отзывам специалистов стран – участников Второй мировой войны (США, Англия, Германия, Франция) лучшим механическим взрывателем признан РГМ-2, который давал одно преждевременное срабатывание на 600 тысяч выстрелов, а лучшие немецкие взрыватели данного типа – одно преждевременное срабатывание на 10 тысяч выстрелов.

### **Список литературы**

1. Третьяков Г.М. Боеприпасы артиллерии. М.: Воениздат, 1946. 531 с.
2. Дорофеев А.Н. Взрыватели ракет. М.: Воениздат, 1963. 87 с.
3. Орлов Б.В., Морозов Ю.Н. Королев А.А. Материальная часть и основы проектирования артиллерийских систем. М.: ЦНИИНТИ, 1974. 408 с.
4. Прохоров Б.А. Боеприпасы артиллерии. М.: Машиностроение, 1973. 512 с.
5. Дмитриевский А.А. Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика: учебник для вузов. 4-е изд. М.: Машиностроение, 2005. 608 с.
6. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия. Ч. 1. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного и артиллерийского оружия: учебник / В.Л. Баранов, А.В. Белов, В.С. Васильев, В.В. Ветров, В.А. Власов, Ю.Л. Вященко, В.А. Девяткин, Н.И. Жуков, А.С. Зайцев, А.А. Коновалов, А.А. Королев, В.Г. Кучеров, В.А. Мальцев, Л.Е. Михайлов, В.И. Садовников, М.А. Тарасов, И.О. Толкачева, Б.Н. Фитилев, Г.В. Ханов, С.Е. Червонцев, В.Г. Черный; под ред. чл.-кор. РАН А.А. Королева и чл.-кор. МАНПО В.Г. Кучерова. Волгоград: ВолгГТУ, 2002. 560 с.

7. Баллистика ствольных систем / РАРАН; под. ред. Л.Н. Лысенко и А.М. Липанова. М.: Машиностроение, 2005. 461 с.
8. Взрыватели боевых частей. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного и ракетного оружия: учебник. В 2 ч. Ч. 2 / под. ред. В.В. Ветрова и В.П. Строгалева. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. 784 с.
9. Черный В.Г., Охитин В.Н., Козлов В.И. Конструкции и эксплуатации импульсных тепловых машин: учеб. пособие. Ч. 4. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. 100 с.
10. Козлов В.И. Анализ технических решений взрывательных устройств к боеприпасам различных классов // Автономные информационные и управляющие системы: в 4 т. / под ред. А.Б. Борзова. М.: ООО НИЦ "Инженер"; ООО «Онико-М», 2011. Т. 1, Гл. 3. С. 337-407.

## Key reasons of abnormal action of ammunition and possible ways of their elimination

# 05, May 2013

DOI: 10.7463/0513.0571026

Kozlov V.Ya.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation

[ykozlov38@yandex.ru](mailto:ykozlov38@yandex.ru)

During ammunition exploitation premature actuation and failures may occur. It's virtually impossible to fully eliminate such potentially dangerous situations. This article provides an analysis of failure reasons based on the experience of WWII; it also describes fuse modernization after the war. If we speak about artillery ammunition, their abnormal performance can occur at different stages of fuse operating: during service exploitation (as a result of a fall during handling); during loading (wrong loading); during ammunition movement inside the weapon bore (as a consequence of ammunition and fuse defects); when moving after flying out. The last case was considered in detail, and the final results of the research were presented by the example of specific fuses used in the army of Russian Federation.

---

**Publications with keywords:** [ammunition](#), [fuse](#), [shot](#), [retriggering](#), [failure](#)

**Publications with words:** [ammunition](#), [fuse](#), [shot](#), [retriggering](#), [failure](#)

---

### References

1. Tret'akov G.M. *Boepripasy artillerii* [Artillery ammunition]. Moscow, Voenizdat, 1946. 531 p.
2. Dorofeev A.N. *Vzryvateli raket* [Fuzes of missiles]. Moscow, Voenizdat. 1963. 87 p.
3. Orlov B.V., Morozov Iu.N. Korolev A.A. *Material'naia chast' i osnovy proektirovaniia artilleriiskikh system* [Material part and basis of design of artillery]. Moscow, TsNIINTI Publ., 1974. 408 p.
4. Prokhorov B.A. *Boepripasy artillerii* [Artillery ammunition]. Moscow, Mashinostroenie, 1973. 512 p.

5. Dmitrievskii A.A. Lysenko L.N. *Vneshniaia ballistika* [External ballistics]. Moscow, Mashinostroenie, 2005. 608 p.
6. Kucherov V.G., Sadovnikov V.I., Fitilev B.N., Khanov G.V., Chervontsev S.E., et al. *Fizicheskie osnovy ustroistva i funktsionirovaniia strelkovo- pushechnogo artilleriiskogo i raketnogo oruzhiia. Ch. 1. Fizicheskie osnovy ustroistva i funktsionirovaniia strelkovo- pushechnogo i artilleriiskogo oruzhiia* [Physical basis of structure and functioning of small arms and cannon, artillery and rocket weapons. Part 1. Physical basis of the structure and functioning of small arms and cannon and artillery weapons]. Volgograd, VolgSTU, 2002. 560 p.
7. Lysenko L.N., Lipanov A.M. *Ballistika stvol'nykh sistem* [Ballistics of barrel systems]. Moscow, Mashinostroenie, 2005. 461 p.
8. Vetrov V.V., Strogalev V.P. *Vzryvateli boevykh chastei. Fizicheskie osnovy ustroistva i funktsionirovaniia strelkovo-pushechnogo i raketnogo oruzhiia. V 2 ch. Ch. 2* [Fuzes of combat units. Physical basis of the structure and functioning of small arms and cannon and artillery weapons. In 2 pts. Pt . 2]. Tula, TulSU Publ., 2007. 784 p.
9. Chernyi V.G., Okhitin V.N., Kozlov V.I. *Konstruktsiia i ekspluatatsiia impul'snykh teplovykh mashin. Ch. 4* [Design and operation of pulsed thermal machines. Pt. 4]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 1992. 100 p.
10. Kozlov V.I. *Analiz tekhnicheskikh reshenii vzryvatel'nykh ustroistv k boepripasam razlichnykh klassov* [Analysis of technical solutions of detonating devices to munitions of different classes]. *Avtonomnye informatsionnye i upravliaiushchie sistemy: v 4 t.* [Autonomous information and control systems: in 4 vols.]. Moscow, OOO NITs "Inzhener" Publ., OOO «Oniko-M» Publ., 2011, vol. 1, ch. 3, pp. 337-407.