

Особенности конструкций взрывательных устройств для боеприпасов ствольной артиллерии. Часть 2– анализ конструкции типовых ВУ данного типа боеприпасов

09, сентябрь 2012

DOI: 10.7463/0912.0452096

Козлов В. И.

УДК 623.451.741 (075.8)

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

vkozlov38@gmail.com

Введение

Вторая часть статьи посвящена анализу конструкции типовых ВУ к БП ствольной артиллерии. В качестве примера реализация идеи автора о «визитных карточках», изложенных автором в первой части, рассмотрены два типа подобных взрывателей: механического РГМ-6 и электрического ГПВ-2.

Следует отметить, что аналогичный анализ автором проведен и для других типов БП: реактивных снарядов, авиабомб и инженерных боеприпасов [1-3].

Результаты проведенного анализа

Прежде всего следует отметить невозможность разработки унифицированного ВУ для всех БП этого класса, так как они существенно отличаются по габаритам и боевым свойствам, а также характеризуются определенным перечнем параметров и характеристик. Для артиллерийской системы подобный перечень включает следующие параметры и характеристики.

1) Калибр d (традиционно в мм). Артиллерийские орудия, достаточно условно, подразделяются на орудия малого калибра ($d = 20 - 57$ мм), среднего ($57 < d \leq 152$ мм) калибра и крупного калибра ($d > 152$ мм).

2) Масса снаряда G (кг). Существенным образом зависит от калибра орудия: для малых калибров $G = 0,1 - 4$ кг; для средних калибров $G = 6 - 50$ кг; для крупнокалиберных систем $G = 40 - 1250$ кг (последнее значение для 500 мм гаубицы).

3) Начальная скорость снаряда V_0 (м/с). Это важнейшая характеристика, по которой можно даже судить об облике системы: для пушек $V_0 = 650-1000$ м/с (для систем, стреляющих подкалиберным БП, V_0 может достигать 1200–1800 м/с); для гаубиц $V_0 = 400-700$ м/с; для минометов и мортир $V_0 = 100-350$ м/с.

4) Масса порохового заряда W (кг). Обычно используются W/G от 0,1 – 0,6 до 2.

Значения W, G и их отношение для некоторых отечественных артиллерийских систем приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Значения W, G и их отношение для отечественных артиллерийских систем

Наименование артиллерийской системы	$G, \text{кг}$	$W, \text{кг}$	W/G
57 мм противотанковая пушка образца 1943г (ЗИС-2)	3,14	1,5	0,48
100 мм пушка образца 1944г (БС-3)	15,6	5,5	0,35
122 мм гаубица образца 1938г (М-30)	21,76	2,075	0,095
122 мм гаубица-пушка образца 1937г (МЛ-20)	43,56	7,56	0,17
122 мм гаубица образца 1931г (Б-4)	100	14,96	0,15

Отношение W/G максимально для пушек, существенно меньше для гаубиц и максимально для мортир и минометов.

5) Боевая скорострельность n_b (выстр/мин). Как правило, $n_b = 5-15$ выстр/мин для полевых артиллерийских систем. Для автоматической артиллерии используется понятие темпа стрельбы n (выстр/мин), достигающего у современных систем калибра $d = 23-25$ мм более 6 тыс. выстр/мин.

6) Углы горизонтально ψ (град) и вертикального φ (град) для зенитных орудий составляют соответственно 360 и $\leq 90^\circ$. В то же время эти показатели для противотанковых полевых систем: $\psi = \pm 45^\circ, \varphi = -5+30^\circ$.

7) Дальность стрельбы: максимальная X_{\max} (км), а для некоторых систем и минимальная X_{\min} (км) (например, для гаубиц и мортир).

8) Дульная энергия существенно зависит от типа орудия: для 120 мм миномета образца 1943 г $E_0 \approx 600$ кДж; для 122 мм гаубицы образца 1938 г $E_0 \approx 2900$ кДж; для 122 мм пушки образца 1931-1937 г $E_0 \approx 8$ МДж.

Основные параметры артиллерийских систем

Тип орудия	V_0 , м/с	$L_{cмс}$ (l_0) Калибр	$Q_{б/q}$
Пушка	600-1800	45-70	180-350
Гаубица	400-600	15-35	100-180
Мортира	100-300	5-15	50-100
Миномет	100-350	10-25	15-30

По боевым свойствам артиллерийских систем можно отметить следующее.

- Для пушек характерны настильные траектории стрельбы, малые углы возвышения при ведении огня, высокие начальные скорости, длинные стволы, высокая боевая скорострельность, большая масса орудий (табл. 3).
- Для гаубиц характерны крутые траектории полета снарядов и, соответственно, большие значения углов стрельбы ($\alpha \leq 75^\circ$), сравнительно невысокие начальные скорости, более короткие, чем у пушек, стволы и меньшая относительная масса орудия.
- Мортиры – орудия с предельно развитыми «гаубичными» свойствами. В полевой артиллерии мортиры вытеснены более экономичными минометами. Особенностями мортиры является очень крутая траектория ($\alpha \leq 85^\circ$), простота конструкции, малая относительная масса и, как правило, крупный и очень крупный калибр (до 960 мм).
- Минометы – гладкоствольные системы с малой массой и малыми начальными скоростями. Удлинение ствола также невелико. Минометы представляют собой самые простые и самые дешевые артиллерийские системы, ведущие огонь на малых расстояниях под большими углами бросания ($\alpha \geq 45^\circ$);.
- Безоткатные орудия – совершенно особый вид артиллерии, образующий вместе с минометами группу артиллерийских систем особых схем.

Принцип действия безоткатных (динамореактивных) орудий основан на том, что часть пороховых газов при выстреле направляется через сопло – в направлении, противоположном действию БП. При этом создается реактивная сила, импульс которой равен по величине и противоположен по направлению импульсной силе давления газов на дно снаряда.

На конструкцию ВУ к артиллерийским БП оказывают существенное влияние особенности самого БП и его назначение. Следует различать БП наземной артиллерии

(тип. ВУ РГМ-6, рис 1), зенитные и авиационные БП (тип. ВУ МГЗ-37), мины (тип. ВУ М-12), бронебойные БП (тип. ВУ ДБР-2), бетонобойные БП (тип. ВУ ДБТ), кумулятивные БП (тип. ВУ ГПВ-2, рис. 2), ВУ для безоткатных БП (тип. ВУ ГК-2).

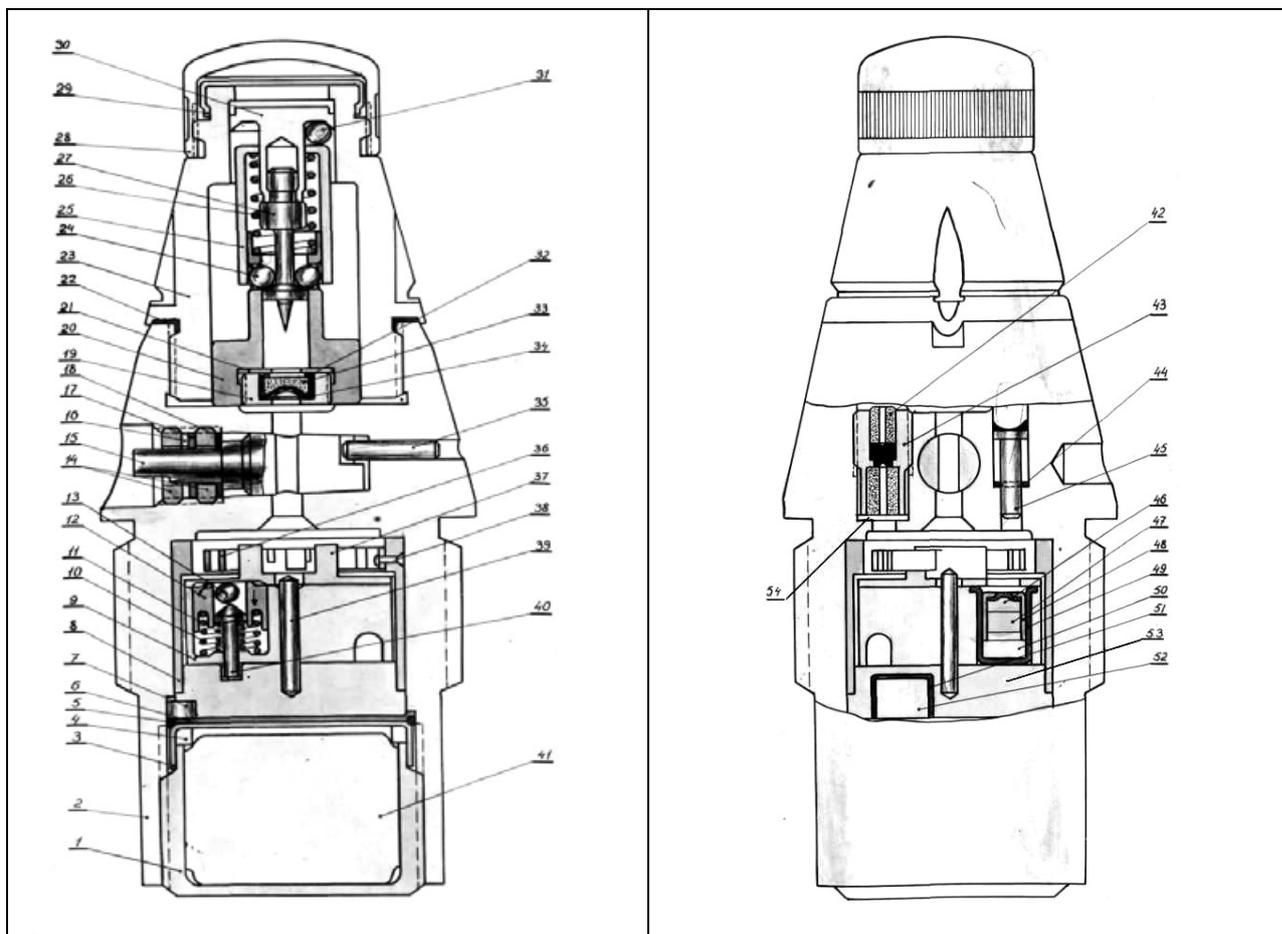


Рис. 1. Взрыватель РГМ-6:

- 1 – детонирующая втулка; 2 – корпус; 3 – предохранительный колпачок; 4 – стальное кольцо; 5 – свинцовое колечко; 6 – кружок; 7 – ограничительная шпилька; 8 – рубашка;
- 9 – поворотная втулка; 10 – предохранительная пружина; 11 – взводящая пружина;
- 12 – втулка; 13 – шарик; 14 – гайка; 15 – кран; 16 – обтюрирующее кольцо;
- 17 – кожаное кольцо; 18 – контргайка; 19 – капсульная втулка; 20 – инерционный ударник;
- 21 – шайба; 22 – прокладка; 23 – головная втулка; 24 – шарик; 25 – гильза;
- 26 – предохранительная пружина; 27 – жало ударника; 28 – колпачок; 29 – мембрана;
- 30 – ударник мгновенного действия; 31 – шарик; 32–34 – КВ; 35 – ограничительная шпилька;
- 36 – спиральная пружина; 37 – крышка; 38 – заклепка; 39 – ось; 40 – стопор; 41 – Д;
- 42 – пиротехнический замедлитель; 43 – втулка; 44 – чека; 45 – стопор; 46–50 – КД;
- 51 – втулка; 52 – ПЗ; 53 – стальная диафрагма; 54 – пергаментный кружок

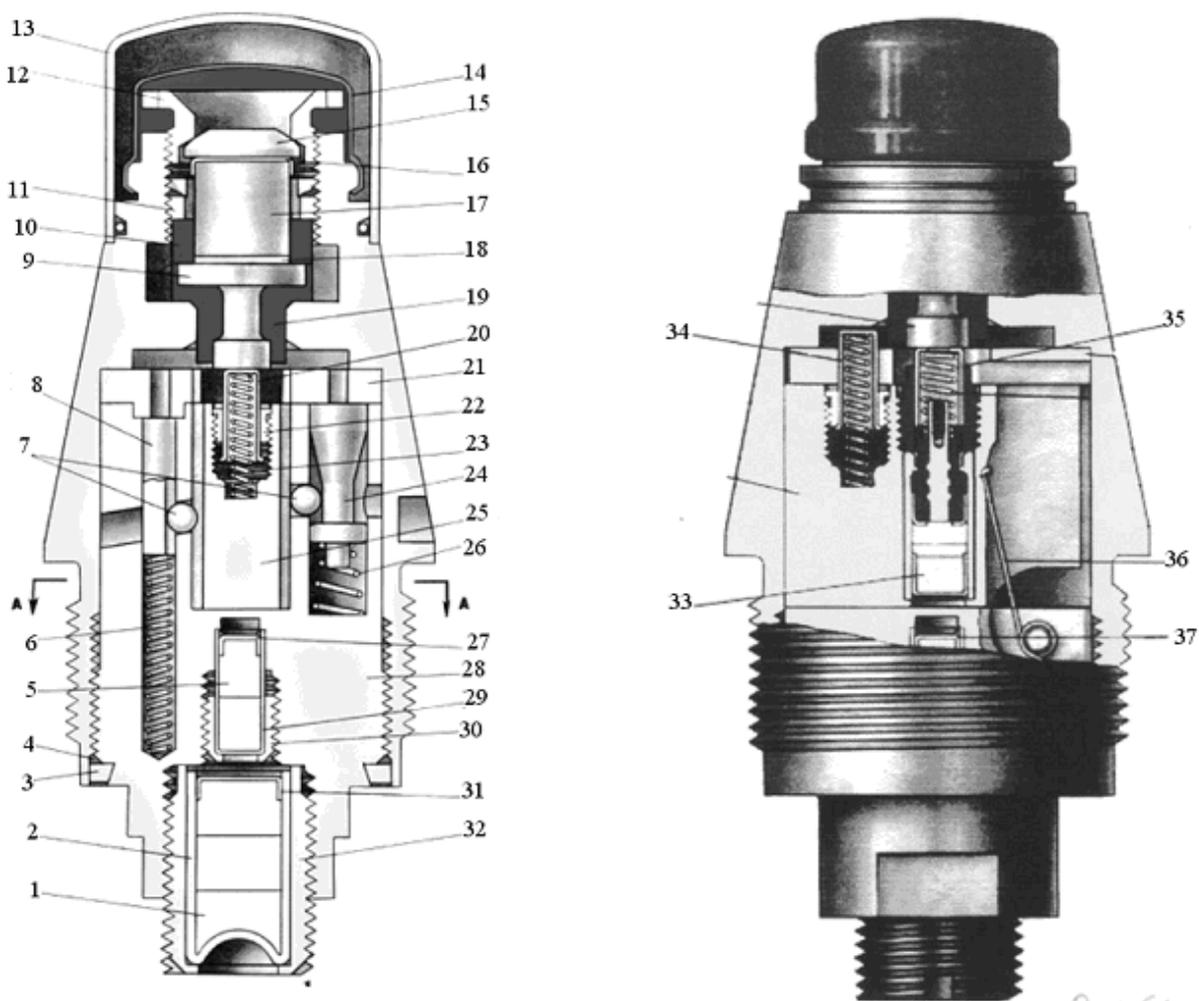


Рис. 2. Взрыватель ГПВ-2:

- а* – общая схема; *б* – искровой электродетонатор; 1, 2, 31, 32 – детонатор;
- 3 – алюминиевое кольцо; 4 – пластиковая прокладка; 5, 29 – ПЗ; 6, 23, 26 – пружина;
- 7 – шарик; 8 – стопор; 9 – контакт; 10, 22, 28, 30, 34 – втулка; 11 – пробка;
- 12 – нажимная гайка; 13 – предохранительный колпачок; 14 – мембрана; 15 – ударник;
- 16, 27 – чашечка; 17 – ПЭ; 18 – прокладка; 19 – изолятор; 20, 35 – колпачок;
- 21 – планка; 24 – замыкатель; 25 – движок; 33 – корпус искрового электродетонатора;
- 36 – спиральная пружина

Очевидно, что между конструкцией ВУ с одной стороны, особенностью БП, к которому ВУ предназначен, артиллерийской системой, из которой производится выстрел БП, целью, по которой работает ВУ, а также особенностью эксплуатации последнего, с другой стороны, существует взаимосвязь. Она формирует, так называемые, «визитные карточки», позволяющие, как это будет показано ниже, полностью идентифицировать ВУ.

Для решения этой задачи достаточно иметь три подобные карточки, которые, как и отпечатки пальцев человека, никогда не повторяются.

Естественно, что особенности конструкций ВУ к этим БП, также автоматически определяются спецификой их функционально-структурной схемой.

Отмеченные выше факторы и положены в основу анализа артиллерийских ВУ.

Как уже отмечалось ранее, основными узлами любого взрывателя являются предохранительная система и ДЦ.

Для ВУ к артиллерийским БП, испытывающим, в основном, огромные перегрузки применяются простейшая система предохранения (ИПМ, ЦПМ и их комбинация). В некоторых случаях (применительно к ВУ крупного калибра) используются ППМ. Наконец, для артиллерийских БП, отстреливаемых из минометов и безоткатных орудий, испытывающих небольшие перегрузки, находят применение ИПМ с прерывистым движением взводящей детали.

Что же касается ДЦ, то их многообразие определяется назначением БП. Так ВУ к осколочным и осколочно-фугасным БП снабжаются ударными механизмами реакционного и инерционного действия, обладающими повышенной чувствительностью. ВУ к кумулятивным БП (рис. 2) обычно снабжаются пьезо- и магнитоэлектрическими генераторами, обеспечивающих повышенную мгновенность действия этих ВУ. В исключительных случаях используются неконтактные датчики (НДЦ) (радиолокационный ВУ АР-5), обеспечивающие неконтактный подрыв быстролетящих целей.

подавляющее большинство артиллерийских ВУ – это ВУ предохранительного типа, ибо испытывают при выстреле значительные перегрузки. Однако ВУ к малогабаритным авиационным БП (ВУ Б-23), ВУ к минам и ВУ безоткатных орудий (ВУ ГК-2) не имеют механизма изоляции капсулей, т.е. являются ВУ непредохранительного типа.

МДВ артиллерийских ВУ очень разнообразны. Так для ВУ к БП наземной артиллерии (ВУ РГМ-6) используются механические МДВ, обеспечивающие небольшое ДВ (до десятков метров), а для крупногабаритных бетонобойных БП (типа ВУ ДБТ) пиротехнические МДВ, рассчитанные на большое ДВ (измеряемое сотнями метров). Наконец, для малогабаритных зенитных ВУ (ВУ Б-23) применяется самый малогабаритный МДВ, основанный на раскручивании спиральной красномедной ленты.

Особый интерес представляет разнообразие замедлителей артиллерийских ВУ. Так во ВУ к малогабаритным зенитным БП (В-19у) используется газодинамический замедлитель, принцип действия которого заключается в торможении газового потока за счет периодического их сжатия и расширения в процессе истечения через лабиринт

калиброванных каналов. Полученное при этом замедление небольшое (порядка долей мсек), но его оказывается достаточно, чтобы БП срабатывал после пробития обшивки, поражая жизненно важные узлы самолета.

Во ВУ РГМ-6, предназначенного для БП наземной артиллерии замедление обеспечивает пиротехнический замедлитель постоянного действия, поражающего оборонительные сооружения полевого типа (например, блиндажи, т.е. многослойные преграды).

В противовес этому во взрывателе ДБТ применяется пиротехнический авторегулируемый замедлитель, наиболее эффективный при пробитии монолитных преград различной толщины (броня танков).

Наконец, в артиллерийских ВУ, широко применяются блокирующие механизмы, обеспечивающих их безопасность в аномальных случаях. В конце данного раздела на конкретных примерах рассмотрим принципы их действия и назначение.

Остальные узлы артиллерийских ВУ (установочные устройства, фиксирующие механизмы, механизмы самоликвидации и т.д.) мало отличаются от аналогичных узлов БП других классов.

В подтверждение вышеизложенного рассмотрим типовые конструкции этих ВУ.

ВУ РГМ-6 (рис. 1).

Это головной взрыватель предохранительного типа, среднего калибра, всепогодный, предназначен для БП наземной артиллерии, используемой для поражения живой силы, уничтожения боевой техники (не бронированной), разрушения оборонительных сооружений полевого типа, проделывания проходов в проволочных заграждениях и минных полей.

Структурная схема.

- 1) Ударный механизм двойного действия (реакционного и инерционного) (дет. 30, 26, 20, 32-34).
- 2) 2 инерционных предохранительных механизма (ЗИПМ) (дет. 25, 26, 24, 12, 13, 10).
- 3) Установочное устройство (кран-колпачок) (дет. 15, 28), обеспечивающее установку на 3 вида действия – реакционное, инерционное и замедленное.
- 4) Предохранительно-детонирующее устройство (ПДУ) (дет. 9, 36, 46-50).
- 5) Пиротехнический замедлитель постоянного действия (дет. 42, 43, 54).
- 6) Блокирующий механизм «стопор-ныряло» (дет. 44, 45).
- 7) Противонутационный блокирующий механизм (отсутствие в инерционном ударном механизме жесткого контрпредохранителя по сравнению с РГМ-2).
- 8) Детонирующее устройство (дет. 52, 41).

Принцип действия.

К подготовительным операциям относятся:

- установка вида действия ВУ, которая производится совместными операциями с установочными краном и колпачком, обеспечивая одно из трех действий – мгновенное, инерционное или замедленное.
- ВУ с установленным действием вворачивается в очко БП.

При выстреле (при движении по каналу ствола) под действием силы S срабатывают два ИПМ и выкатываются два шарика (дет. 31, 13).

После вылета за дульный срез втулка (дет. 12, 25) под действием контрпредохранительных пружин (дет. 10, 26) поднимается вверх, и выкатывается шарик (дет. 24), и поднимается стопор (дет. 40), освобождая поворотную втулку (дет. 9), которая под действием пружины (дет. 36) и центробежной силы C ставит КД (дет. 46-50) в боевое положение.

В это же время под действием пружины (дет. 26) и силы набегания ударник (дет. 30) поднимается вверх до упора в выступ головной втулки (дет. 23), а не в мембрану (как во ВУ РГМ-2), что обеспечивает всепогодность ВУ.

С этого момента взрыватель готов к действию. При встрече с целью (преградой) срабатывает ударный механизм двойного действия, приводящий к срабатыванию ДЦ ВУ и подрыву боевого заряда БП.

В аномальных случаях срабатывают следующие блокирующие механизмы.

- Стопор-ныряло, переводящий в отказное положение ВУ в случае преждевременного срабатывания КВ (дет. 32-34) при установке взрывателя на замедленное действие.
- Противонутационный механизм, обеспечивающий при стрельбе из изношенных систем под действием силы нутации подъём инерционного ударника (дет. 20), что исключает расцепление его и гильзы (дет. 25), а, следовательно, выкатывание шарика (дет. 24). При дальнейшем движении БП по траектории его угловая скорость уменьшается, что приводит к уменьшению и силы нутации. В результате этого в определённый момент ударник и гильза разъединяются и шарик (дет. 24) выкатывается, переводя ВУ в боевое положение.

«Визитные карточки».

- 1) БП наземной артиллерии испытывает при выстреле большие перегрузки:
 - а) ВУ предохранительного типа;
 - б) Во ВУ используется простейшая система предохранения.
- 2) БП многоцелевого назначения – ВУ многоустановочное.

- 3) Цель по которой срабатывает ВУ (блиндаж) многослойная – во ВУ применяется пиротехнический замедлитель постоянного времени.
- 4) ВУ избирательного действия – срабатывает по слабым грунтам, но не срабатывает в дождь (т.е. всепогоден).
- 5) Возможны встречи БП под малыми углами и при рекошетировании – наличие ударного механизма двойного действия.
- 6) Возможны аномальные случаи при функционировании ВУ БП – во ВУ применяется блокирующий механизм.

Оценка взрывателя.

Положительные характеристики:

- 1) ВУ предохранительного типа;
- 2) ВУ многоустановочное;
- 3) ВУ – всепогодное;
- 4) ВУ нормально функционирует при выстреле из артиллерийских систем всех категорий износа.

Отрицательные характеристики:

- 1) нечеткая работа замедлителя (используется порох Т0-34). В последней модификации (В-429) этот порох заменен водоустойчивым составом марки СЦ-1;
- 2) нечеткая работа ВУ при встрече с целью под малыми углами.

Взрыватель ГПВ-2 (рис. 2).

Это головной контактный пьезоэлектрический взрыватель предохранительного типа для невращающихся кумулятивных БП (100 мм пушка БС-3 и гаубица Д-30), кумулятивных осколочных снарядов (100 мм пушка Т-12) и вращающихся кумулятивных снарядов (115 мм пушка 4-5ТС).

Структурная схема.

- 1) Пьезогенератор (дет. 12, 15, 17, 18, 9) (ПГ).
- 2) Механизм походного предохранения (предохранительный колпачок – дет. 13).
- 3) 2 ИМП (дет. 6-8, 24, 26).
- 4) искровой электродетонатор (дет. 33) (ИЭД).
- 5) ПДУ (дет. 25, 35, 36).
- 6) Фиксирующий механизм (дет. 34).
- 7) Детонирующее устройство (дет. 1, 5).

Принцип действия.

При подготовке ВУ к действию снимается предохранительный колпачок (дет. 13) и взрыватель ввертывается в очко БП. В процессе выстрела (при движении по каналу ствола орудия) под действием силы S срабатывают оба ИПМ, причем первый (дет. 6, 7) освобождает поворотную втулку (дет. 25), а другой (дет. 24, 26), наоборот, ее фиксирует. После вылета БП за дульный срез замыкатель (дет. 24) под действием силы набегания и силы предохранительной пружины (дет. 26) поднимается вверх и освобождает поворотную втулку ПДУ, которая разворачивает силой спиральной пружины (дет. 37) искровой детонатор в боевое положение, где фиксируется с помощью фиксатора (дет. 34). При этом пьезогенератор и ИЭД расшунтируются.

Срабатывание ВУ происходит при встрече БП с преградой за счет последовательных действий ПГ, ИЭД и ДУ.

«Визитные карточки».

- 1) Кумулятивный БП при встрече испытывает большие перегрузки:
 - а) ВУ предохранительного типа;
 - б) Во ВУ применяется простейшая система предохранения.
- 2) Для нормального срабатывания кумулятивных БП требуется повышенная мгновенность действия – во ВУ применяется ПГ.
- 3) ВУ головной, т.е. стоит на пути кумулятивной струи – он выполнен из легкоплавких материалов.
- 4) Углы встречи БП с преградой малы (обтекаемая форма брони танков) – используется ДЦ с повышенной боковой чувствительностью (ПГ).
- 5) Для оптимального формирования и функционирования кумулятивной струи в детонаторе ВУ имеется кумулятивная выемка.
- 6) ВУ используется как для вращающихся, так и невращающихся кумулятивных БП – во ВУ отсутствуют центробежные механизмы.

Оценка ВУ.

Положительные характеристики:

- 1) ВУ предохранительного типа;
- 2) для повышения безопасности ВУ применяются шунтирование ПГ и ИЭД, механизм походного предохранения, предварительное поджатие ПЭ (0.3-0.4 Н);
- 3) ВУ обладает повышенной эффективностью за счет: высокой мгновенности срабатывания ПГ и его высокой боковой чувствительностью, изготовления его корпуса из легкоплавких материалов.

Отрицательные характеристики:

- 1) возможность преждевременного срабатывания ВУ из-за воздействия статического напряжения (в последующей модификации этого ВУ (ВУ ГПВ-3) применен специальный антистатик);
- 2) недостаточная избирательность ВУ, так как он отказывает в действии при срабатывании с грунтом в случае промаха по основной цели (во ВУ ГПВ-3 для этого используется избирательный колпачок).

Список литературы

1. Козлов В.И. Конструкции взрывательных устройств для инженерных боеприпасов : учеб. пособие.- М.: Издательство МГТУ, 2005. – 27 с.
2. Козлов В.И. Особенности конструкций взрывательных устройств для авиабомб : учеб. пособие.- М.: Издательство МГТУ, 2011. – 34 с.
3. 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", 2011.- Т. 1, Гл. 3.- С. 337-407.

Design features of fusing devices for conventional artillery ammunition. Part 2 - Analysis of design of typical fusing devices of this kind of ammunition

09, September 2012

DOI: **10.7463/0912.0452096**

Kozlov V.Ya.

Russia, Bauman Moscow State Technical University
vkozlov38@gmail.com

The article considers design features of fusing devices with conventional artillery ammunition. The author defines their interconnection with operating conditions of the munition, their dynamics and the nature of target. The author provides assessment of fuse functioning in their practical application during fighting. The “trademark” concept introduced by the author allowed to analyze design of typical fuses in these munitions and to reveal their fundamental differences from the design of fuses with a different type of ammunition. The material presented in the article is of great interest to graduate students of universities and industry experts.

Publications with keywords:[explosive](#), [target](#), [ammunition](#), [fuse](#), [firing circuit](#), [stages of operation](#)

Publications with words:[explosive](#), [target](#), [ammunition](#), [fuse](#), [firing circuit](#), [stages of operation](#)

References

1. Kozlov V.I. *Konstruktsii vzryvatel'nykh ustroystv dlia inzhenernykh boepripasov* [Constructions of detonating devices for engineering ammunition]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2005. 27 p.
2. Kozlov V.I. *Osobennosti konstruktsii vzryvatel'nykh ustroystv dlia aviabomb* [Design features of detonating devices for aviation bombs]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2011. 34 p.
3. Kozlov V.I. Analiz tekhnicheskikh reshenii vzryvatel'nykh ustroystv 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., 2011, vol. 1, ch. 3, pp. 337-407.