

- диационной безопасности при эксплуатации АЭС. Кн. 5. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 60-66.
13. Мариути С. Способ измерения и оценки гамма-излучения окружающей среды величиной 5 мБэр в год // Radioisotopes. – 1979. – 25, N8. – Р. 519-527.
14. Еремеев И.С. Автоматизированные системы радиационного мониторинга окружающей среды. – Киев: Наук. думка, 1990. – 256 с.

УДК 629.76.004.82

*Бетин А.В., д-р техн. наук, проф., НАКУ «ХАИ»,
Мурин М.Н., ст. преп., УГЗУ,
Тутубалин В.А., мл. науч. сотр., НАКУ «ХАИ»,
Бондарева Н.В., мл. науч. сотр., НАКУ «ХАИ»*

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНИЦИИРОВАНИЯ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ БОЕПРИПАСОВ

(представлено д-ром физ.-мат. наук Яковлевым С.В.)

Предложены и обоснованы методы промышленной утилизации взрывателей артиллерийских боеприпасов.

Постановка проблемы. В настоящее время в Украине различным организациям поставлена задача утилизации боеприпасов с истекшими сроками хранения. Наиболее многочисленным по номенклатуре видом боеприпасов, подлежащих утилизации, являются артиллерийские боеприпасы, выпущенные в СССР, и хранящиеся на складах МО Украины. Составной частью любого артиллерийского боеприпаса является взрыватель и, как раз, задача по их утилизации в настоящее время достаточно полно не решена. Требуется утилизировать взрыватели различных типов, различных годов выпуска, хранившихся в различных условиях.

Взрыватель представляет собой сложное устройство, содержащее взрывчатые вещества (ВВ) различных типов. Даже при обращении с новыми взрывателями требуются особые меры безопасности, разбирать взрыватели не допускается. Взрыватели с истекшими сроками хранения представляют особую опасность. Профильные организации, занимающиеся утилизацией боеприпасов,

Бетин А.В., Мурин М.Н., Тутубалин В.А., Бондарева Н.В.

высказывают заинтересованность в получении промышленной установки, способной с большой производительностью приводить взрыватели в инертное состояние с обеспечением требуемого уровня безопасности для персонала и окружающей среды. Используемые в настоящее время способы не обеспечивают этого в полной мере. Наиболее отработанным является способ, который применяют подразделения МЧС Украины при обезвреживании взрывоопасных предметов, обнаруженных на местности. Эти предметы подрывают на специальных полигонах [1].

Но при утилизации боеприпасов складского хранения такой способ экономически не выгоден, и его можно применить только для боеприпасов, особо опасных в обращении, и не подлежащих разборке. Большинство боеприпасов подлежат разборке с выделением взрывателей в отдельную группу взрывоопасных предметов для последующей утилизации. Таким образом, требуется предложить и обосновать методы инициирования взрывателей артиллерийских боеприпасов для последующей разработки наиболее эффективного и безопасного способа их утилизации в промышленной установке.

Анализ последних исследований и публикаций. Задача промышленной утилизации артиллерийских боеприпасов поставлена перед организациями Украины сравнительно недавно, поэтому данная проблема практически не освещена в специальной литературе. Имеется ряд публикаций, посвященных проблемам утилизации других типов боеприпасов, но использование материалов этих публикаций при решении поставленной задачи в полной мере невозможно из-за различий в конструктивных особенностях изделий и типах используемых ВВ.

Постановка задачи и ее решение. Целью данного исследования является рассмотрение конструктивных особенностей и схем действия взрывателей различных типов, выявление элементов, содержащих ВВ. Необходимо рассмотреть характеристики ВВ, содержащиеся во взрывателях, условия и факторы, приводящие к их взрыву или влияющие на этот процесс. На основании этого, предложить и обосновать методы инициирования взрывателей.

Все взрыватели, выпущенные в СССР, принято классифицировать по нескольким признакам. По принципу действия взрыватели делятся на ударные, дистанционные, ударно-дистанционные и неконтактные. По способу возбуждения детонационной цепи – механические и электрические. По месту соединения со снарядом

– головные и донные. Для обеспечения безопасного обращения со снарядом взрыватели имеют предохранительные устройства, активизирующие детонационную цепь после вылета снаряда из ствола при выстреле. Взрыватели могут содержать устройства самоликвидации. Донные взрыватели могут содержать трассирующие устройства [2, 3].

На рис. 1-3 представлены конструктивные схемы взрывателей, характерные для различных типов и показывающие типовые элементы взрывателя [2, 3]. На рис. 1 изображен головной ударный взрыватель КТМ-1 для осколочных и фугасных снарядов, на рис. 2 – донный ударный взрыватель МД-5 для бронебойных снарядов и на рис. 3 – ударный взрыватель М-2 для минометных мин.

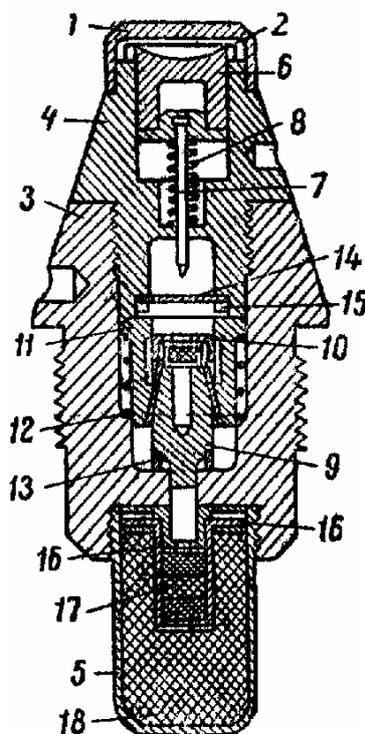


Рис. 1 – Разрез взрывателя КТМ-1:

1 – установочный колпачок; 2 – мембрана; 3 – корпус; 4 – головная втулка; 5 – запальный стакан; 6 – ударник; 7 – жало; 8 – предохранительная пружина; 9 – ударник инерционного действия; 10 – лапчатый предохранитель; 11 – разгибатель; 12 – заводящая пружина; 13 – обтюрирующее кольцо; 14 – контрпредохранительная звездка; 15 – гайка звездки; 16 – втулка замедлителя; 17 – капсюль-детонатор; 18 – детонатор

Рассмотрение конструкций этих и ряда других взрывателей (РГМ, РГМ-2, РГМ-6, В-429, В-491, РГ-6, МД-6, МД-7, МД-8, МД-

10, КТМ-3, ГПВ-1, ВГ-67, МГ-6, МГ-5, МГ-8, МГ-45, А-498, К-20, Т-31, Т-11, Т-5, Т-6, Т-ЗУГ, Д-1, ГВМ, ГВМЗ, МП-82, М-1, М-3, М-4) позволяет сделать вывод, что все взрыватели имеют общую принципиальную схему детонационной цепи. В полном виде схема представлена на рис. 4 [2, 3, 4, 5, 6, 7].

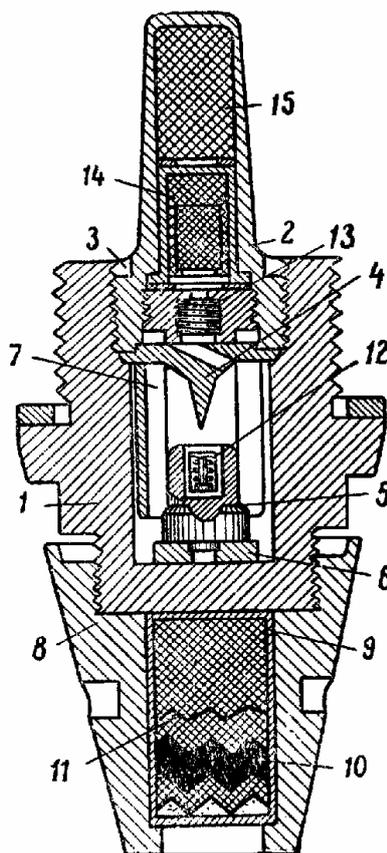


Рис. 2 – Разрез взрывателя МД-5:

1 – корпус; 2 – запальный стакан; 3 – гнездо для ключа; 4 – жало; 5 – инерционный ударник; 6 – шайба; 7 – разрезное предохранительное кольцо; 8 – трассерная гайка; 9 – стаканчик; 10-11 – слои трассера; 12 – капсуль-воспламенитель; 13 – пороховой замедлитель; 14 – капсуль-детонатор; 15 – тетриловый детонатор

Некоторые типы взрывателей имеют сокращенную схему детонационной цепи. Например, ударные взрыватели минометных мин не имеют КВ и замедлителя (см. рис. 3). КВ инициируется насколом жала ударника. КД могут быть лучевого или накольного действия. Детонатор инициируется взрывом КД.

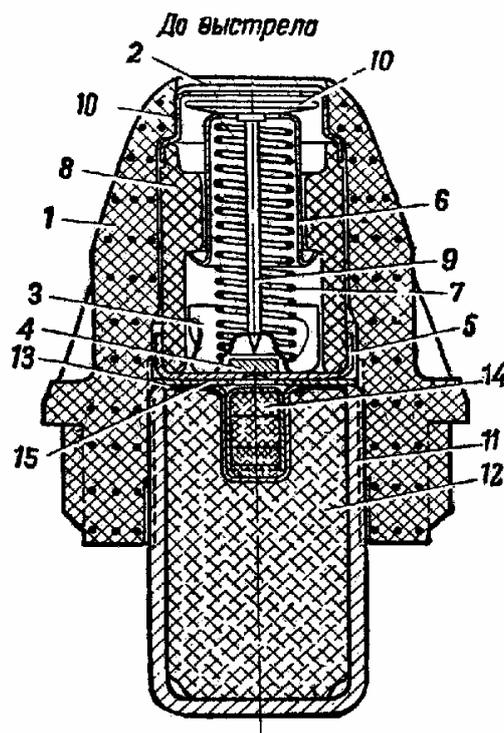


Рис. 3 – Разрез взрывателя М-2:

1 – корпус; 2 – мембрана; 3 – предохранительная гильза; 4 – предохранитель; 5 – чашечка; 6 – оседающая гильза; 7 – пружина; 8 – втулка; 9 – ударник с жалом; 10 – колпачок; 11 – стакан детонатора; 12 – детонатор; 13 – шайба; 14 – капсюль детонатора; 15 – опорная шайба

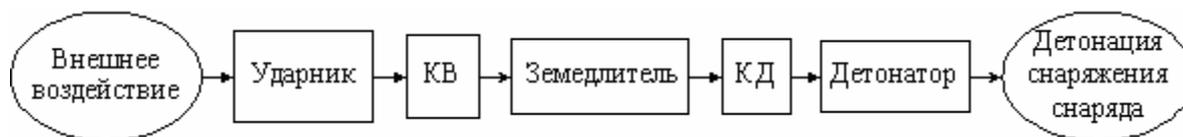


Рис. 4 – Схема детонационной цепи взрывателя:

КВ – капсюль-воспламенитель; КД – капсюль-детонатор

ВВ содержатся в КВ, КД, детонаторе. Также ВВ могут содержаться в передаточных, усилительных и предохранительных устройствах взрывателей в зависимости от конструктивного исполнения.

Взрыватели, выпущенные в СССР после 1945 г., содержат определенные типы ВВ. КВ имеют в составе инициирующее ВВ ртуть. КД содержат инициирующие ВВ азид свинца, тетразен и тринитрорезорцинат свинца (ТНРС), и бризантное ВВ тетрил в различных пропорциях. Детонатор содержит тетрил. Замедлители, усилители, предохранители, передаточные устройства содержат дымный порох. В трассирующих устройствах использует-

Бетин А.В., Мурин М.Н., Тутубалин В.А., Бондарева Н.В.

ся пиротехнический состав на основе горючего магния, не содержащий ВВ. По массе наибольшее количество ВВ содержится в детонаторе (10-30 г). В КД содержится 0,3-0,38 г ВВ, в КВ – 0,13-0,2 г ВВ [8, 9, 10].

Для того, чтобы в определенных условиях вызвать во ВВ реакцию взрывчатого превращения, необходимо подействовать на него внешним определенным начальным (инициирующим) импульсом. Различные ВВ обладают разной чувствительностью по отношению к внешним воздействиям. При сравнительно слабых воздействиях инициирование взрыва ВВ осуществляется через ряд последовательных стадий:

- инициирование реакции взрывчатого превращения в определенной области ВВ;
- развитие самоускоряющейся реакции разложения в этой области и превращение ее в очаг горения;
- ускорение горения и резкий переход его в детонацию с малой скоростью;
- распространение детонации с малой скоростью;
- переход к детонации с максимальной скоростью и ее распространение.

В зависимости от характера внешнего воздействия и условий, в которых находится ВВ, процесс взрывчатого превращения может либо затухать, либо завершиться горением или детонацией.

В зависимости от формы энергии на практике различают следующие виды инициирующих импульсов: тепловой, механический, детонационный и электрический.

Тепловой импульс. В ВВ при их нагревании взрыв может развиться в том случае, если скорость тепловыделения в зоне химической самоускоряющейся реакции превысит скорость теплоотвода. Мерой чувствительности ВВ к тепловому воздействию служит температура вспышки t_g . При нагреве выше этой температуры начинается реакция взрыва. Значение t_g (при выдерживании пробы в течение 5 минут) для ВВ представлены в таблице 1 [9].

Механический импульс. Чувствительность ВВ к механическим воздействиям оценивается чаще всего по их чувствительности к удару. Мерой оценки служит высота падения груза определенной массы на образец ВВ, при которой еще не возникает взрыв. Для тетрила при падении с высоты 0,25 м груза массой 10 кг взрыв происходит в 44-52% случаев. Гремучая ртуть в этих усло-

виях дает 100% взрывов [9, 10]. Все инициирующие ВВ очень чувствительны к удару. Возможны также механические импульсы инициирования в виде накола, трения, прострела пулей.

Таблица 1

Тип ВВ	Гремучая ртуть	Азид свинца	ТНРС	Тетрил	Дымный порох
$t_с, ^\circ\text{C}$	180	315	290-310	190-200	290-310

Детонационный импульс. Детонация происходит в бризантных ВВ при воздействии взрывного импульса инициирующего ВВ. Чувствительность к детонации характеризуется предельным инициирующим зарядом - минимальным зарядом инициирующего ВВ, надежно обеспечивающим полную детонацию 1 г бризантного ВВ. Для тетрила значения предельных инициирующих зарядов приведены в таблице 2 [9].

Таблица 2

Тип ВВ	Предельный инициирующий заряд ВВ, г			
	Азид свинца	Гремучая ртуть	Тетразен	ТНРС
Тетрил	0,025	0,29	1,0	1,0

Электрический импульс. Иницирование взрыва ВВ электрической искрой происходит в результате совместного воздействия нагрева и ударной волны.

Детонация через влияние. Иницировать детонацию в заряде ВВ способна воздушная ударная волна, образующаяся при взрыве заряда другого бризантного ВВ. Детонация вторичного заряда возможна на некотором расстоянии от первичного заряда, подрываемого с помощью КД. Это явление может быть полезным, так как обеспечивает подрыв нескольких вторичных зарядов от взрыва одного первичного. Но оно требует и защиты одного заряда от взрыва соседнего заряда, располагая его на таком расстоянии, при котором было бы невозможным его инициирование. Это расс-

тояние зависит от массы первичного заряда, размера вторичного заряда, свойств ВВ и расположения зарядов [9].

Чувствительность ВВ зависит от большого количества факторов: химической структуры, агрегатного состояния, плотности заряда, наличия инертных примесей, температуры. Так как во взрывателях ВВ находятся в определенном состоянии и составе, то в процессе утилизации влиять на чувствительность можно практически только изменением температуры. С повышением начальной температуры чувствительность ВВ увеличивается, уменьшается количество тепла, необходимого для нагрева ВВ до такой температуры, при которой может возникнуть очаг горения. Понижение температуры во всех случаях снижает чувствительность ВВ к удару и детонационному импульсу.

Длительное воздействие определенной температуры может вызвать медленное разложение по всей массе ВВ. Для инициирующих ВВ это приводит к полному разложению и потере взрывчатых свойств. Гремучая ртуть начинает разлагаться при температуре $+50^{\circ}\text{C}$, азид свинца и ТНРС – при $+200^{\circ}\text{C}$. Но тетрил при температуре $+131^{\circ}\text{C}$ плавится лишь с частичным разложением, сохраняя взрывчатые свойства [9, 10].

Во взрывателях наибольшую опасность представляет тетриловый детонатор. Он имеется во всех типах взрывателей и все методы утилизации взрывателей должны быть основаны на инициировании взрыва детонатора, который вызовет сгорание или детонацию всех других ВВ, содержащихся во взрывателе.

На основании рассмотренных конструкций взрывателей, свойств и характеристик ВВ предлагаются методы инициирования детонатора, которые можно использовать при разработке способов промышленной утилизации взрывателей.

Метод активирования детонационной цепи. Метод предполагает воспроизведение последовательных действий, аналогичных штатной работе взрывателя. Наибольшую сложность при этом представляет снятие взрывателя с предохранителя. Все конструкции предохранителей основаны на действии инерционных или центробежных сил, возникающих при выстреле, или при их совместном действии. Взрыватели являются изделиями массового производства и имеют определенный допуск на несрабатывание даже для новых изделий. При истечении гарантийных сроков хранения процент несрабатывания взрывателя может быть достаточно высоким. Кроме того, по внешнему виду взрывателя невозможно

Обоснование методов инициирования взрывателей при утилизации артиллерийских боеприпасов

определить, какой элемент детонационной цепи (см. рис. 4) не действовал и в каком состоянии безопасности находится взрыватель. Применение этого метода должно предполагать и наличие другого метода для инициирования взрывателей, не активированных штатной детонационной цепью. Кроме того, технически этот метод затруднительно реализовать для дистанционных взрывателей и содержащих устройство самоликвидации. В них сразу после снятия с предохранителя начинается процесс горения пороха, приводящий к взрыву детонатора менее чем за одну минуту.

Метод разделения взрывателя. Метод основан на конструктивной особенности всех взрывателей – элементы расположены последовательно по оси изделия в едином корпусе. Одним из способов механической обработки металлов возможно удаление элементов, расположенных по оси, с выделением корпуса, безопасного в обращении, и смеси взрывоопасных элементов, подлежащих дальнейшему обезвреживанию другим методом. Следует подбирать режим обработки таким образом, чтобы исключить воспламенение или взрыв ВВ от трения или нагрева.

Метод воздействия ударом. Метод основан на свойстве тетрила взрываться от удара. Конструктивная особенность всех взрывателей – детонатор расположен на срезе корпуса, тетрил в детонаторе находится в тонкой металлической оболочке. Удар твердым предметом можно нанести непосредственно по оболочке детонатора. Недостаток метода – при ударе тетрил не дает 100% взрывов; требуется подбор параметров ударного импульса или многократное повторение импульсов для обеспечения 100% взрывов.

Метод воздействия наколом. Метод применим для взрывателей, содержащих КД накольного действия (например, взрыватели минометных мин). КД расположен в стакане детонатора. Учитывая малую плотность тетрила ($1,68 \text{ г/см}^3$ у прессованного тетрила в детонаторе) и малую прочность оболочки детонатора, при ударе жалом со стороны детонатора жало пройдет сквозь тетрил и наколом вызовет инициирование КД с последующим инициированием детонатора. Но при этом энергия взрыва будет воздействовать на жало.

Метод воздействия электрическим импульсом. Метод основан на способности электрического разряда вызывать детонацию ВВ. Недостаток – сложность конструктивного исполнения с обеспечением сохранности электроподводящих устройств при взрыве.

Метод воздействия ударной волной. Метод основан на способности ударной воздушной волны, образующейся при взрыве одного первичного заряда, вызывать детонацию нескольких других зарядов на определенном расстоянии. Ударная волна распространяется от центра первичного взрыва и при расположении взрывателей по окружности произойдет их детонация. В отличие от метода подрыва взрывоопасных предметов на полигоне, при детонации небольшой партии взрывателей технологический процесс можно проводить в прочном корпусе, не допускающем разлета осколков, и контролируемом выходе продуктов взрыва.

Метод контактного нагрева. Метод основан на свойстве тетрила взрываться от теплового импульса. Источник нагрева прикладывается непосредственно к оболочке детонатора. Необходимо обеспечить быстрый подвод тепла для нагрева детонатора выше температуры вспышки t_v тетрила.

Метод объемного нагрева в жидкой среде. Метод основан на свойстве тетрила взрываться от теплового импульса. Объемный нагрев в жидкости позволяет одновременно инициировать несколько взрывателей, в том числе и различных типов. Необходим подбор жидкости, которая не должна воспламеняться при взрыве.

Метод объемного нагрева в газообразной среде. Метод основан на свойстве тетрила взрываться при действии теплового импульса. Использование потока нагретого воздуха или его смеси с другими негорючими газами позволяет обеспечить наибольшую производительность технологического процесса, утилизировать взрыватели в различных конструктивных исполнениях без переналадки оборудования. Недостаток – большой расход топлива для нагрева газообразного потока.

Выводы.

1. Инициирование взрывателей возможно с применением нескольких методов, основанных на свойствах ВВ и конструкции взрывателей.

2. Предложенные методы инициирования можно использовать для разработки способа утилизации взрывателей в промышленной установке.

3. Необходимо провести оптимизацию предложенных методов по различным критериям, характеризующим экономичность, производительность, безопасность и другие показатели технологи-

ческого процесса, с учетом возможностей конкретного предприятия и номенклатуры взрывателей, подлежащих утилизации.

4. Каждый из предложенных методов можно реализовать несколькими способами с применением различных материалов, источников энергии, механизмов, устройств, что дает возможность разработать технологический процесс по оптимальным критериям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колибернов Е.С., Корнев В.И., Сосков А.А. Справочник офицера инженерных войск. – М.: Воениздат, 1989. – 432 с.
2. Наставление по стрелковому делу. 82-мм батальонный миномет. – М.: Военное издательство НКВС СССР, 1946. – 183 с.
3. Кюпар И.И. Учебник сержанта зенитной артиллерии. Книга 1. Общие сведения. – М.: Военное издательство МО СССР, 1948. – 302 с.
4. Широкопад А.Б. Энциклопедия отечественной артиллерии. – Мн.: Харвест, 2000. – 1156 с.
5. Широкопад А.Б. Отечественные минометы и реактивная артиллерия. – Мн.: Харвест, 2000. – 464 с.
6. Боевая авиационная техника: Авиационное вооружение. Под ред. Гладкова Д.И. – М.: Воениздат, 1987. – 279 с.
7. Егоренков Л., Левицкий Л. Новые взрыватели для боеприпасов ствольной артиллерии // Военный парад. Выпуск 2: Журнал военно-промышленного комплекса. – М.: Военный парад, 2000. – С. 36-37.
8. Алексеев Ю. Взрывчатые вещества авиационных боеприпасов //Зарубежное военное обозрение. Выпуск 10: Военный журнал МО СССР. – М.: Красная звезда, 1990. – С. 42-45.
9. Козенко В.П. Основы теории взрывчатых веществ. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1982. – 82 с.
10. Горст А.Г. Пороха и взрывчатые вещества. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1957. – 187 с.