

Тенденции и перспективы развития взрывательных устройств боеприпасов

10, октябрь 2014

Меркулова И. И., Козлов В. И.

УДК: 623.451.741(075.8)

Россия, НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана

merkulova_irina90@mail.ru

Введение

Основными принципами работы взрывателя являются его эффективность и надежность. Поэтому разработка и внедрение взрывателей проходит медленный и сложный путь. За последние семьдесят послевоенных лет разработаны сотни новых взрывателей. Внедрены десятки. Концепция развития взрывателей в нашей стране связана с представлением о том, что каждый боеприпас должен иметь свой уникальный взрыватель.[1,2,3,4]

Основой технических решений для разработки современных взрывателей является расширение тактико-технического диапазона боевого применения, усложнение структуры, повышение чувствительности, помехоустойчивости и надежности действия, усиление взаимосвязи характеристик ВУ и БП, использование новых физических эффектов, микроминиатюризация взрывателей, интеграция отдельных модулей и блоков с применением современных технологий изготовления микроминиатюрных систем.

В статье проанализированы основные направления развития ВУ для различных БП, в частности тенденции развития сенсорной системы (СС) и системы инициирования ВУ [5]. Несмотря на примерно одинаковую значимость всех этих систем, для повышения надежности ВУ СС играет особую роль. СС - это совокупность датчиков, определяющих алгоритм функционирования ВУ, поэтому основное внимание уделено основным направлениям развития контактных датчиков цели (КДЦ для различных типов БП).

Последние достижения в области создания микроэлектромеханических систем устраняют это препятствие. Практически одновременно в России и США заявлены изобретения на микроэлектромеханические взрыватели [6,7].

1 Тенденции развития отдельных систем, входящих в состав ВУ

1.1 Особенности ВУ

Взрывное устройство (ВУ) – кибернетическое ждущее пороговое устройство.

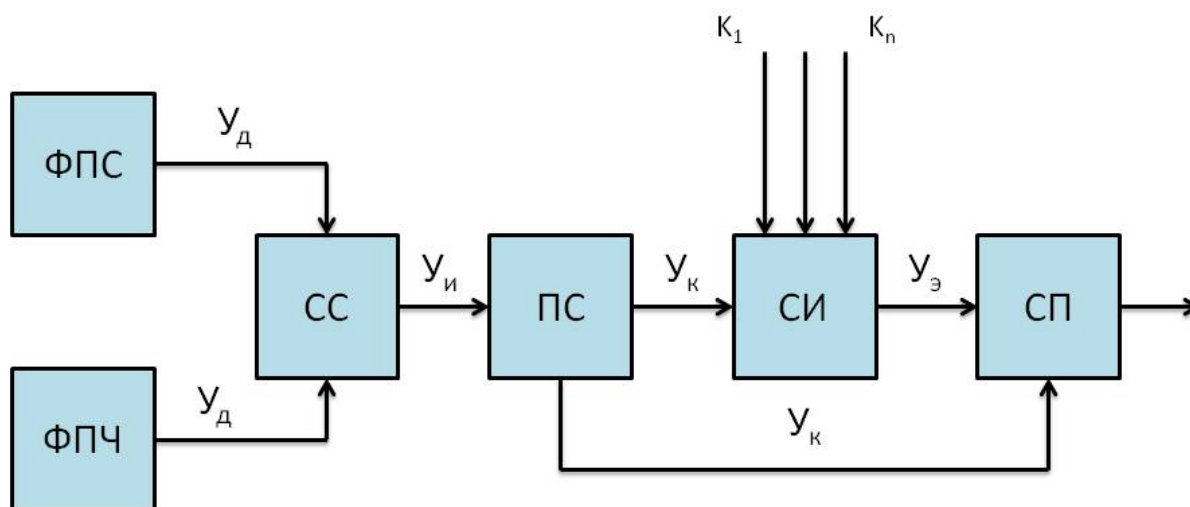
Оценивая функционирование ВУ можно выделить следующие основные его особенности [8]:

- однонаправленность процессов;
- одноразовое действие;
- малое время действия и большее время ожидания;
- направленное преобразование видов энергии;
- наличие программируемых устройств;
- большое количество различных датчиков;
- высокие требования по безопасности и безотказности.

Некоторые из них, а именно:

- наличие в ВУ датчиков информационных сигналов;
- наличие преобразователей энергии;
- наличие программных устройств;

однозначно идентифицирует ВУ как ждущее пороговое устройство с разомкнутой обратной связью (рис. 1).



- а) ФПС - физическое поле среды; б) ФПЦ - физическое поле цели;
в) СС - сенсорная системы; г) ПС - процессорная система;
д) СИ - система инициирования; е) СП - система предохранения.

Рис. 1. Схема ВУ

Системы, входящие в ВУ можно характеризовать следующим образом [9]:

СС – сенсорная система – это совокупность датчиков, определяющих алгоритм функционирования ВУ. В систему входят – датчик цели, датчик окружающей среды, датчики внутреннего состояния.

ПС – процессорная система – воспринимает сигналы от СС и от различных компактных устройств – микропроцессоров и микроЭВМ и выдает сигнал на систему инициирования. Кроме того, в нее входят временные механизмы на различных принципах действия, формирующие информационные сигналы Ук в требуемые моменты времени.

СИ – система инициирования – в нее входят усилитель сигнала Ук и преобразователь его в детонационные сигналы.

СП – система предохранения – в нее входят механизмы блокировки выходного детонационного импульса (поворотные двигатели и заслонка). Она формирует в соответствии с командным информационным сигналом Ук канал связи для прохождения выходного электрического сигнала.

В сенсорных и процессорных системах происходит преобразование маломощных информационных сигналов, а в системе инициирования и в системе предохранения происходит преобразование и управление мощными энергетическими сигналами.

Если СС и ПС обеспечивают чувствительность, помехоустойчивость и мгновенность действия ВУ, то безопасность ВУ обеспечивается главным образом СП.

Несмотря на примерно одинаковую значимость всех рассматриваемых систем для надежности функционирования ВУ СС играет особую роль.

Тенденциям ее развития, а также развитию СИ и посвящены последующие материалы данной статьи.

1.2 Три поколения развития ВУ

Все разработанные до настоящего времени ВУ по степени усложнения СС и ПС можно разделить на три поколения. [10,11,12]

К первому поколению можно отнести простейшие ВУ, которые состоят из одного или двух датчиков и в которых алгоритм работы ПС жестко задавался при сборке или вводился вручную перед выстрелом. Этим ВУ свойственны следующие недостатки:

- длительная подготовка к выстрелу;
- отсутствие или неточность сведений о цели и требуемом действии ВУ;
- практическое отсутствие унификации по БП.

ВУ второго поколения основаны на использовании адаптивных механизмов, которые позволили автоматически перестраивать в зависимости от информационных сигналов алгоритм работы ВУ. Эти ВУ снабжаются дополнительными датчиками, реагирующими на изменение параметров движения БП, характеристик среды и контролирующими состояние боевой цепи.

В частности, ВУ с адаптивными механизмами позволяют решать такие задачи, как автоматическое обеспечение дистанции дальнего взведения при изменении климатических условий, автоматический выбор режима работы по пробиваемой (разрыв с замедле-

нием) и непробиваемой (мгновенный разрыв) преградам, изменение чувствительности датчика цели (ДЦ) по траектории. Типичный пример подобного механизма – авторегулируемого замедлителя – ВУ ДБТ, ДБР-2.

Дальнейшее усложнение задач, выполняемых БП, вызывает необходимость разработки ВУ, которые могли бы непрерывно анализировать внешнюю обстановку, состояние своей структуры, автоматически принимать решение о своих дальнейших действиях и формировать управление для оптимального выполнения задач. Такие ВУ можно отнести к ВУ третьего поколения, их можно назвать ВУ с искусственным интеллектом.

1.3 Тенденции развития сенсорной системы ВУ

При создании новых видов техники наблюдается постоянное опережение требований технического задания (ТЗ) по механическим, температурным и электромагнитным воздействиям на ВУ по сравнению с возможностью их удовлетворения существующими радиоэлектронными элементами и приборами. Это особенно относится к датчикам цели (ДЦ) сенсорных систем.

Наилучшим выходом из этого является функциональная интеграция, выполнение в одном кристалле чувствительного элемента (ЧЭ) и преобразователя сигнала датчика.

Подобная разработка ДЦ, также как и других интегрированных информационных датчиков привела к созданию нового научно-технического направления – созданию микроэлектронных датчиков-сенсоров. Это направление получило название сенсоэлектроники. Название обусловлено, с одной стороны, тем обстоятельством, что микроэлектронные датчики по надежности, габаритам, массе, потреблению энергии значительно приблизились к чувствительным нервным клеткам – сенсорам человеческого организма. С другой стороны, возможность установить на объект большое количество микроэлектронных датчиков делает их совокупность подобием нервной системе человека.

Применительно к ДЦ основными тенденциями развития являются следующие [2]:

- увеличение количества информации, поступающей от датчиков, за счет различных физических полей среды (магнитной, электрической, акустической и др.), а также более полным использованием характеристик поля (полярность, градиент);
- интеллектуализация датчиков, осуществление первичной обработки информации уже в самом датчике;
- более широкое использование в СС ВУ датчиков выяснения состояния боеприпасов (БП), таких как датчик температуры и давления в канале двигателя и на поверхности объекта, уровней ускорений и напряжение бортового источника питания (ИП);
- микроминиатюризация датчиков до уровня объема 0,1- 0,2 см⁻³;
- уменьшение электропитания до 1-5 мА;
- использование новых классов связи СС с ПС таких как оптоэлектронных, электромагнитных и др.;
- поиск и использование новых физических эффектов и новых принципов построения датчиков [13].

В таблице 1 приведены наиболее используемые физические эффекты твердого тела, которые могут быть использованы в ВУ [14].

Таблица 1 - Физические эффекты твердого тела

№№ п/п	Класс эффекта	Наименование эффекта	Использование в системах ВУ			
			СС	ПС	СИ	СП
1	2	3	4	5	6	7
1	Механические явления при деформации металла	Экзоэлектронная эмиссия Поверхностные акустические волны	++ ++	++	+ +	+
2	Магнитные явления в металлах и полупроводниках	Магнитоэлектрические Магнитоупругие Эффект Холла	+++ ++ ++	+ + ++	+++ ++	+++ ++
3	Механические явления в полупроводниках	Пьезоэлектрические Пьезоиндуктивные Эффект Шоттки	+++ ++ ++	+ + +	++ +	
4	Термические явления в металлах и полупроводниках	Терморезистивный Термолюминисцентный Терромагнитный (память формы при нагреве)	++ + +	+	+ +	+
5	Оптические явления	Триболюминисцентный Изменение светопропускания ВОЖ Лазерное излучение	+++ +++ +++	+ +	 +++	 +
6	Электростатические явления	Электролизация оболочек	+		+	
7	Явления при сверхнизких температурах	Эффект Джозефсона	+	+	+	
Примечание. В таблице 1 приняты следующие обозначения: +++ - широко используемые в технике; ++ - известные по литературным источникам и применяемые в опытных образцах; + - известные по литературным источникам.						

В иностранной литературе [15] приведены взрыватели, основанные на новых принципах построения структурных схем:

- США XM588 для артиллерийских о/ф БП;
- ФРГ AEG для кумулятивных БП;
- Швеция FTO-574 для 105, 155 мм АБ.

1.4 Тенденции развития системы инициирования ВУ

Основными путями развития преобразователя электрического импульса в детонационный являются миниатюризация, увеличение чувствительности и мощности преобразователя, повышение его безопасности. Увеличение чувствительности электровоспламенителя (ЭВ) или электродетонатора (ЭД) идет как по пути увеличения чувстви-

тельности самого инициирующего элемента, например, путем замены проволочного мостика накаливания на микропленочный, так и путем введения усилителей входного электрического импульса [14].

Увеличение безопасности ЭВ и ЭД осуществляется разработкой элементов с высоким порогом срабатывания. Например, электронная система инициирования имеет энергию срабатывания 2 мДж, что на порядок превышает энергию срабатывания штатного ЭВ.

Развитие систем электронного инициирования происходит по пути традиционного развития полупроводниковых усилителей электрических сигналов – использование мощных транзисторных ключей, микросхем с пороговыми устройствами и др.

В течение длительного времени разрабатывается устройство инициирования взрывчатого вещества (ВВ) на нетрадиционных принципах действия, таких как лазерное инициирование, пучком быстрых частиц (протонов, нейтронов), электромагнитной пушкой и т.д. Разработка идет, с одной стороны, по созданию мощных малогабаритных импульсных генераторов тока, обеспечивающих прямую накачку энергии в лазерное устройство, а с другой стороны, по преобразованию напряжения существующих источников тока в требуемый электрический импульс на задействование лазерного инициатора.

Появление электронных систем инициирования с высоким порогом срабатывания открывает пути для обеспечения предохранения электронной схемы прохождения сигнала на инициирование. В этом случае функция системы предохранения будет переложена на ПС.

Новые принципы инициирования – лазером, пучком нейтронов – позволяет создать и принципиально новые системы предохранения, основанные на отклонении или блокировке луча или пучка. В этом случае СИ совместно с СП приобретают исключительно малые габариты (например, в форме карандаша) и не будет иметь в своем составе ни первичного, ни вторичного ВВ. Изготовление ВУ с такими системами не будет требовать режима работы с применением ВВ.

Заключение

Анализ основных направлений развития ВУ для различных боеприпасов позволил выделить следующие основные тенденции их развития:

- расширение тактико-технического диапазона боевого применения;
- усложнение структуры;
- повышение чувствительности, помехоустойчивости и надежности действия;
- усиление взаимосвязи характеристик КДЦ и боеприпаса;
- использование новых физических эффектов;
- микроминиатюризация.

Анализ перспектив развития сенсорных систем (и в частности КДЦ), проведенный в статье, свидетельствует о наличии двух основных тенденций. С одной стороны, развитие КДЦ идет по пути миниатюризации. Намечается переход от принципов, основанных на

взаимодействии твердых тел, к принципам, позволяющим использовать движущиеся ионы, атомы и элементарные частицы.

С другой стороны, идет усложнение структурных схем КДЦ, выполняющих все более сложные функции по распознаванию преград.

В последнее время формируется перспективное направление работ, связанное с исследованием возможностей использования во ВУ элементов микросистемной техники (МСТ) или микроэлектромеханических систем (МЭМС) [6,7].

Необходимость развития данного направления объясняется возможностью совершенствования характеристик ВУ путем миниатюризации, расширения функциональных возможностей, повышения точности, быстродействия и надежности, что требует перехода на новые конструкторские и технологические решения. Появления устройств МСТ обусловлено возможностью при относительно небольших затратах на разработку технологии получать новые, ранее недостижимые возможности. При этом исполнительные элементы конструктивно совмещены со схемой преобразования обработки и управления сигналом и выполнены по микроэлектронной технологии. Данные устройства способны реагировать на факторы внешней среды, преобразовывать и обрабатывать входной сигнал в соответствии с заданным алгоритмом и выдавать команды на исполнительное устройство.

Известно, что элементы МСТ способны выдерживать весьма интенсивные внешние механические воздействия (нагрузки до десятков тысяч единиц). Применение элементов МСТ весьма перспективно, поскольку они функционально совмещены с основными блоками структурной схемы ВУ.

Список литературы

1. Козлов В.И. Особенности проектирования и испытания датчиков цели взрывательных устройств: Учеб.пос. М.: Изд-во МГТУ, 2007, 46 с.
2. Автономные информационные и управляющие системы: В 4 т. Т.1./ Под редакцией А.Б. Борзова. М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2011. Гл.III. С. 337-407.
3. Козлов В.И. Конструкция ВУ для инженерных БП: Учеб.пос. М.: Изд-во МГТУ, 2005, 27 с.
4. Козлов В.И. Особенности конструкции ВУ для БП ствольной артиллерии и РС: Учеб.пос. М.: Изд-во МГТУ, 2012. 62 с.
5. Ефремов А.К., Козлов В.И. Электромеханические преобразователи специального назначения: Учеб.пос. М.: Изд-во МГТУ, 1994, 41 с.
6. Цыганков В.Ю., Борзов А.Б. и др. Микромеханический взрыватель: пат. 2522323 Российской Федерации. 2014. 5 с.
7. Michael J.Sailor, Frederic V.Mikulec, Joseph D.Kirtland. United States Patent 7942989. 2011. 8 p.
8. Черный В.Г., Охитин В.Н., Козлов В.И. Конструкция и эксплуатация импульсных тепловых машин: Учеб.пос. М.: Изд-во МГТУ, 1992, Ч.IV,100 с.

9. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного и ракетного оружия: В 2 ч. Ч. II/ Под ред. В.В. Ветрова, В.П. Строгалева. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. гл.5, §5.8.
10. Анализ уровня развития малогабаритного артиллерийского вооружения за рубежом. Обзор №5000. М.: ЦНИИИТИ и ТЭИ, 1990. 81 с.
11. О'Мэлли Т.Дж. Современная артиллерия, РСЗО, минометы. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. 160 с.
12. Аникшин Р.Н. и др. История создания и тенденции развития современных боеприпасов и взрывателей. М.: Изд-во МГТУ, 2013. §19. С. 174-184.
13. Козлов В.И. Емкостной датчик цели // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. Машиностроение. 2011. спецвыпуск. С. 121-135.
14. Солин Г.А. Сенсорные системы боеприпасов: Учеб.пос. Л.: Изд-во Балтийского государственного технического университета СПб, 1998. 79 с.
15. Информационный бюллетень «Новости машиностроения», 1968. №3 (5) (составитель Кузнецова Е.С.)