

УДК: 623.454.253

*Копнов Даниил Вячеславович*

*студент факультета ФИТЭ*

*Вагенлейтнер Анастасия Олеговна*

*студентка факультета ФИТЭ*

*Пензенский государственный университет*

*г. Пенза, Российская Федерация*

## **ОТЛИЧИЕ В НАБОРЕ ЭЛЕМЕНТОВ ОГНЕВОЙ ЦЕПИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЗНАЧЕНИЯ БОЕПРИПАСА**

*Аннотация:* В статье рассмотрены методы проектирования обобщенных огневых цепей (ОЦ) на примере двух различных механических боеприпасов; проведен сравнительный анализ, в ходе которого рассмотрены функционально-структурные схемы огневых цепей, элементы которых отличаются в зависимости от назначения боеприпаса.

*Ключевые слова:* механический взрыватель, взрывчатое вещество, огневая цепь, иницирующая система, система предохранения.

*Kopnov Daniil Vyacheslavovich*

*student of the faculty's FITE*

*Vagenleytner Anastasia Olegovna*

*student of the faculty's FITE*

*Penza State University*

*Penza, Russian Federation*

## **DIFFERENCE IN THE SET OF ELEMENTS OF THE FIRE CIRCUIT DEPENDING ON THE PURPOSE OF THE AMMUNITION**

***Abstract:** The article discusses the methods of designing generalized fire chains on the example of different mechanical ammunition; a comparative analysis was carried out, during which functional and structural schemes of fire chains were considered, the elements of which differ depending on the purpose of the ammunition.*

***Key words:** mechanical fuse, explosive, fire chain, initiating system, protection system.*

При разработке новых конструкций огневых цепей (ОЦ) для различных взрывателей проектировщику приходится решать множество конструктивных проблем. В действующих стандартах для систем инициирования особое внимание уделяется обеспечению безопасности их использования. Это делает разработку таких конструкций достаточно сложной и трудоемкой.

В процессе решения конструктивных задач работе проектировщика помогает множество полезных инструментов:

- Программы CAD / CAM позволяют создавать проекты в трех измерениях, автоматически строить чертежи конструктивных элементов (деталей) и сборочные чертежи. Кроме того, эти программы позволяют проводить прочностные анализы и моделирование функционирования механизмов в статических и динамических условиях.
- Также существуют обширные базы данных параметров материалов, которые могут применяться в конструкции. При правильном использовании данной информации можно разработать новый продукт так, чтобы его реальная модель имела высокие шансы на правильную работу.

На этапе проектирования элементов ОЦ взрывателя, содержащих взрывчатое вещество, все усложняется. Во всем, что касается механической части, конструктор имеет доступ к необходимой информации и может использовать множество методов для решения возникающих проблем.

Самый простой из этих методов - это следование существующим конструктивным решениям построения огневых цепей с уже установленными предохранителями. В случаях же, когда необходимо создать новую конструкцию цепи, разработчик может использовать доступную литературу по взрывчатым веществам и конструкциям детонаторов. Также очень полезны специализированные программы САПР с функцией, которая позволяет моделировать работу взрывчатых веществ. Однако опыт показывает, что при проектировании огневых цепей «теория» очень часто не совпадает с «практикой».

Действующие нормативные акты, касающиеся конструкции детонаторов, предписывают использование строго определенных типов взрывчатых веществ. Это так называемые взрывчатые вещества с пониженной чувствительностью и высокой стабильностью.

Эти материалы обеспечивают требуемый уровень безопасности для детонаторов и боеприпасов, в которых они установлены. Свойства этих материалов были определены в результате проведенных экспериментальных работ для образцов с габаритными размерами несколько десятков миллиметров (макромасштаб). На основе анализа результатов экспериментальных испытаний также определяются коэффициенты, необходимые для выполнения компьютерного моделирования. Конструктор, разрабатывающий изделие, в котором взрывчатые вещества имеют размеры, соответствующие макромасштабу, может успешно использовать компьютерные программы, способные имитировать работу взрывчатых веществ.

Однако при рассмотрении элементов, используемых для конструкции звеньев цепи, следует использовать микромасштаб. В литературе, связанной со взрывчатыми веществами можно найти наборы эмпирических результатов для образцов, минимальный диаметр которых превышает несколько миллиметров. Параметры взрывчатых веществ меньшего диаметра, от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров, обычно определяются приближенно, поскольку работа материалов в микромасштабе недостаточно изучена. Это означает, что в процессе моделирования работы взрывчатых веществ малых габаритов могут возникать ошибки.

Конструктор при проектировании огневой цепи взрывателя может выбрать два способа реализации начального этапа проекта. Первый способ заключается в изготовлении элементов корпуса и проведении экспериментальных испытаний детонатора на них. По их результатам можно установить, работает система правильно или же ее необходимо изменить. Этот метод является трудоемким.

Редко удается создать огневую цепь, которая сразу работает должным образом, с параметрами, указанными в документации. Поэтому для получения требуемых параметров разрабатываемой конструкции необходимо провести большое количество экспериментальных испытаний и внести изменения в документацию.

Второй способ – это разработка математической модели и соответствующего компьютерного кода, а также проведение необходимого численного моделирования. На этом этапе очень важен опыт проектировщика. Параметры элементов цепи, введенные в программу, будут иметь большое влияние на результаты. Подход к интерпретации результатов также очень важен. Если результаты моделирования не соответствуют требованиям, вносятся изменения в конструкцию взрывателя.

Благодаря численному моделированию можно проводить множество испытаний для различных вариантов за короткое время. Если результаты моделирования считаются правильными (соответствующими предполагаемым требованиям), можно осуществлять переход к созданию реальной модели и проводить экспериментальные испытания.

Однако бывает, что результаты экспериментальных исследований не совпадают с данными компьютерного моделирования. Тогда на основе анализа результатов экспериментальных испытаний вносятся изменения в математическую модель или входные параметры. Эта проверенная математическая модель может использоваться в процессе выбора параметров спроектированной схемы для удовлетворения предполагаемых требований.

Вышеописанный подход к построению огневых цепей использовался в ходе проектирования конструкций взрывателей для боеприпасов разного назначения, рассмотренных далее. В их разработке мы руководствовались также основными требованиями, предъявляемыми к данным устройствам:

1. Тактико-технические требования:
  - а. Взрыватель должен обеспечивать наибольшую эффективность действия боеприпаса у цели;
  - б. Взрыватель должен быть безотказным;
  - с. Взрыватель должен иметь достаточную механическую прочность, минимальные габариты и массу;
2. Эксплуатационные требования:
  - а. Взрыватель должен быть безопасным в служебном обращении, при выстреле и на полете;
  - б. Взрыватель должен быть стойким при длительном хранении (не менее 15 лет);
  - с. Взрыватель должен функционировать во всем возможном диапазоне условий боевого применения;

d. Взрыватель должен быть простым в обращении и при подготовке к стрельбе.

3. Производственно-экономические:

a. Взрыватель должен быть простым по конструкции и технологичным в производстве;

b. Взрыватель должен иметь минимальную стоимость.

Все это достигается путем введения в состав взрывателя устройств, обеспечивающую наиболее выгодную ориентацию боеприпасов относительно цели. Безопасность взрывателя, кроме того, обеспечивается отделением КВ от КД с помощью предохранительно-детонирующего устройства.

Схемы обоих взрывателей были выполнены в соответствии с данными требованиями, но, при этом включают в себя разные составляющие, выбор которых обосновывается видом действия, назначением и конструкцией боеприпаса.

Сначала рассмотрим схему и алгоритм действия донного, контактного механического взрывателя замедленного действия, с дальним взведением, предохранительного типа с самоликвидацией для невращающегося артиллерийского снаряда.

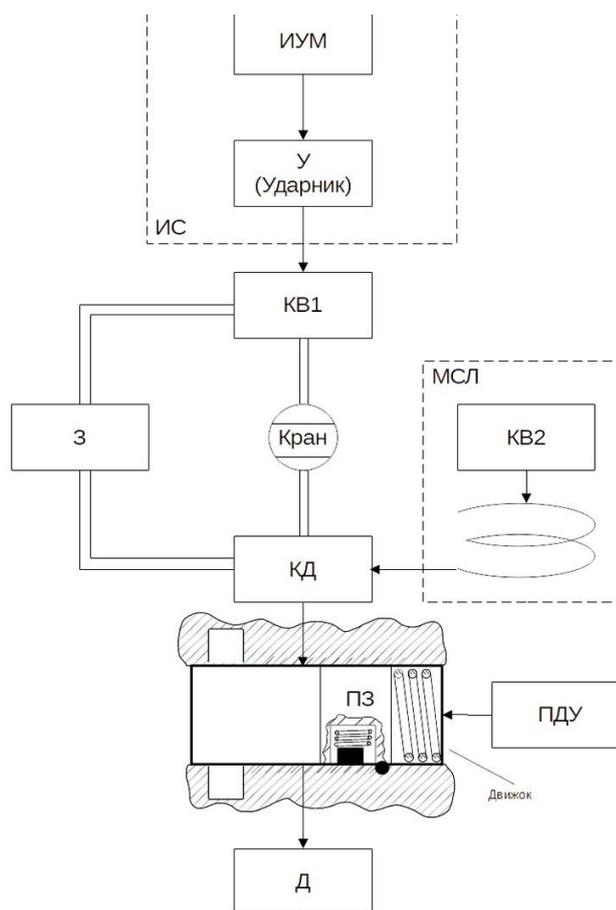


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема первого взрывателя

До момента выстрела при необходимости устанавливается замедлитель с помощью крана. Режим работы определяется углом поворота в фигурном пазе. С помощью фиксирующего устройства (ФУ) произведенная установка закрепляется. Снаряд подается в ствол орудия.

Снаряд начинает движение в канале ствола.

В момент вылета из канала ствола предохранительно-детонирующее устройство (ПДУ) освобождает движок с передаточным зарядом (ПЗ). Под действием силы инерции снаряда, стопор также освобождает движок, тем самым предоставив ему возможность перемещаться под действием пружины. Капсюль воспламенитель 2 (КВ2) приводит в действие пиротехническую запрессовку.

На траектории снаряд продолжает свое движение.

- При отсутствии попадания: как только запрессовка прогорает, приводится в действие капсуль детонатор. Огневая цепь замыкается. Происходит взрыв.
- При попадании в цель (встрече преграды): инерционный ударный механизм освобождает ударник, который накалывает КВ. Вырабатывается огневой импульс, который в виде форса огня идет на КД, где преобразуется в детонационный импульс. Он проходит через ПЗ, усиливается и попадает на детонатор. Детонатор срабатывает, обеспечивая подрыв разрывного заряда боеприпаса. Происходит взрыв.

Теперь обратим внимание на схему и алгоритм работы головного дистанционного механического взрывателя с ручной установкой времени действия, предохранительного типа, с дальним взведением для вращающегося артиллерийского снаряда

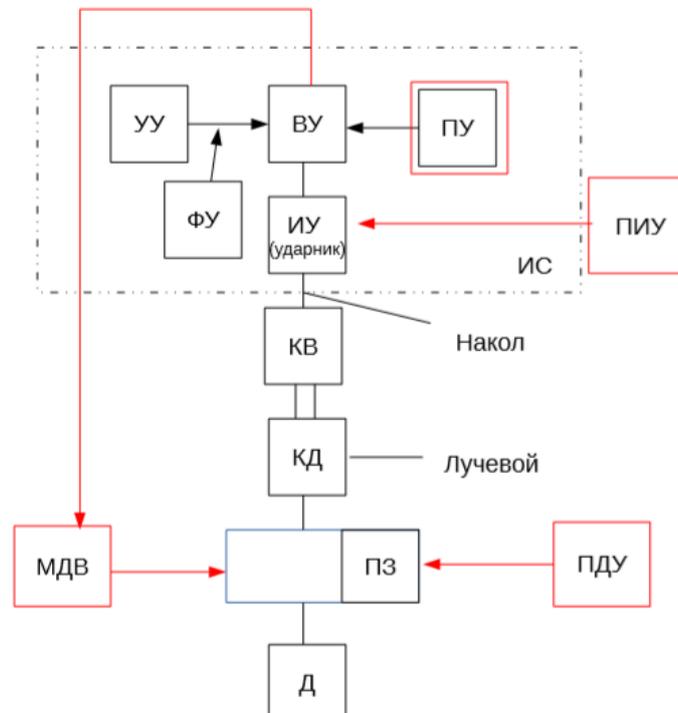


Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема второго взрывателя

С помощью установочного устройства до момента выстрела устанавливается время полета снаряда. Оно определяется углом

поворота схода стрелы в фигурном пазе установочной планки. С помощью фиксирующего устройства произведенная установка закрепляется.

Снаряд подается в ствол орудия. В момент выстрела пусковое устройство (ПУ) освобождает стрелу часового механизма и запускает отсчет времени. Снаряд движется в канале ствола. В момент вылета из канала ствола ПДУ освобождает движок с ПЗ. Под действием радиальной силы инерции от вращения снаряда, стопор, сжимая пружину, выходит из сцепления с движком, тем самым предоставляя ему возможность перемещаться под действием центробежной силы.

На траектории снаряд продолжает свое движение, временное устройство отсчитывает время. Как только выходит время, соответствующее времени дальнего взведения, механизм дальнего взведения (МДВ) так же освобождает движок с ПЗ. Планка, связанная с часовым механизмом перемещается таким образом, что стопор входит в паз, освобождая движок. К этому моменту ступень предохранения, которую обеспечивало ПДУ, находится в снятом положении, и движок под действием пружины взводится в боевое положение, т.е. ПЗ встает по оси с КД и Д. Огневая цепь замыкается.

При отсчете временным устройством заданного времени полета снаряда, срабатывает исполнительное устройство (ИУ), которое приводит в действие капсулю воспламенитель. Его срабатывание обеспечивает снятие предохранительно исполнительного устройства (ПИУ): стрела попадает в фигурный паз, прекращая удерживать шарик. Он перемещается, освобождая пружину, которая приводит в движение ударник с жалом. Происходит накол КВ. Вырабатывается огневой импульс, который в виде форса огня идет на КД, где преобразуется в детонационный импульс. Он проходит через ПЗ, усиливается и

попадает на детонатор. Детонатор срабатывает, обеспечивая подрыв разрывного заряда боеприпаса. Происходит взрыв.

Исходя из анализа рассмотренных схем и алгоритмов работы взрывателей, мы пришли к выводу, что основные элементы ОЦ взятых взрывателей остаются неизменными, но при этом состав или конструкция предохранительной и инициирующей систем меняется: для головного снаряда используется реакционный ударник, для донного – инерционный; в дистанционном взрывателе необходимо ВУ, которое в контактном взрывателе отсутствует; ручное использование замедлителя применяется в контактном боеприпасе; при необходимости в структурно-функциональную схему может вводиться МСЛ. Но вне зависимости от назначения боеприпаса и состава огневой цепи самым эффективным методом проектирования огневых цепей является использование взаимосвязанных расчетов, компьютерного моделирования и экспериментальных исследований.

#### *Список литературы*

1. Ульянов, В.Ф. Общие принципы построения взрывателей : учеб. пособие / В.Ф. Ульянов. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2020. – 190 с.
2. Барбашов Г.В., Грецова Е.Б., Смирнов А.П. Пиротехнические и огневые цепи систем управления: Учеб. пособие. Ч. 1. СПб.: Изд-во БГТУ, 1999. – 223 с.
3. Егоренков Л., Платонов Н., Левицкий Л. Новые взрыватели для боеприпасов ствольной артиллерии // Военный парад. 2000. № 2.
4. Yadav, H.S., Initiation of detonation in explosives by impact of projectiles, Defence Science Journal, vol. 56, no. 2, pp. 169-177, 2006