

3. Звіт по НДР «Дослідження шляхів впровадження сучасних технологій координатно-часового та навігаційного забезпечення з використанням апаратури споживачів супутникових навігаційних систем для забезпечення випробувань зразків ОВТ», через ДОВТ МОУ, «СУПУТНИК», Чернігів, ДНВЦ (керівник – В.М. Зозуля) – 2015.

4. Государственный стандарт РФ. Навигационные спутниковые системы. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС (ГЛОНАСС-М). Параметры радионавигационного поля. Технические требования и методы испытаний. – М.: Госстандарт России, 2002.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Б.І. Сокіл, Національна академія сухопутних військ, Львів.

### Анализ характеристик сигналов спутниковых навигационных систем

В.А.Ляшенко, В.Н.Зозуля, В.И.Кривцун

Приведен анализ характеристик спутниковых навигационных систем, которые функционируют одновременно: американской GPS, российской ГЛОНАСС, европейской «Галилео» и китайской «Компас». Общее количество спутников составляет больше ста единиц, каждая система применяет всего 3 частоты, появляются дальномерные сигналы нового типа с более сложной структурой и высшими характеристиками. В статье также представлен обзор перспективных сигналов по всем четырем системам.

**Ключевые слова:** системы спутниковой навигации, спутник, дальномерные сигналы, многолучевость, погрешность, точность, американская GPS, российская ГЛОНАСС, европейская «Галилео», китайская «Компас».

### Analysis of signal characteristics of satellite navigationals

V. Lyashenko, V. Zozulya, V. Krivcun

Description of satellite navigationals which function simultaneously is resulted, namely: American GPS, Russian GLONASS, European Galileo and Chinese Compass. The general amount of suputnikiv makes more than one hundred units, every system applies that least 3 frequencies, the range-finder signals of new type appear with more more difficult structure and higher descriptions. In the article the review perspective signals is presented for all four system.

**Key words:** systems of satellite navigation, sputnik, range-finder signals, multipath, error, exactness, American GPS, Russian GLONASS, European «Galileo», Chinese «Compass».

УДК.623.454.25

А.Б. Сапрыкин

Государственный научно-исследовательский институт химических продуктов, Шостка

## ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВЗРЫВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ОСНОВАННЫЕ НА ДЕТОНАЦИОННОЙ ЛОГИКЕ

В процессе работы был проведен анализ принципов конструкций малогабаритных взрывных логических устройств, проведены расчеты подбора взрывчатого материала, опираясь на расчетные данные и массогабаритные характеристики, была проработана конструкция малогабаритного предохранительно-исполнительного механизма, выбран материал и форма детонационного логического элемента, а также возможный вариант его стыковки с электронной частью взрывателя.

**Ключевые слова:** предохранительно-исполнительный механизм, взрыватель.

### Введение

Совершенствование боеприпасов направлено, в первую очередь, на повышение их эффективности. Эффективность действия боеприпаса определяется множеством факторов. Для боеприпасов малого

калибра либо суббоеприпасов (кассетных элементов) небольшого калибра основным фактором является их поражающий эффект, т.е. максимальное осколочное действие. Добиться этого можно с помощью изменения массы заряда взрывчатого вещества (ВВ) и формы оболочки (корпуса снаряда или боевого элемента (БЭ)).

Конструктивные особенности позволяют решить эту задачу до определенных пределов, так как значительная часть снаряда либо БЭ приходится на взрыватель, который также определяет эффективность действия боеприпаса и обеспечивает выполнение ряда тактико-технических требований.

Основными задачами создания взрывателей нового типа является простота конструкции, надежность и безопасность в служебном обращении, а также миниатюрность конструкции. Развитие микроэлектроники позволило решить часть задач и расширить функции взрывателя, но в то же время поставило и новые проблемы в части безопасности от статического электричества, токов наводки, электромагнитных импульсов и т.п.

Создание взрывателей, основанных на детонационной логике, дает возможность изготавливать их с минимальными габаритными размерами, увеличить массу разрывного заряда и соответственно повысить могущество боеприпаса. Во взрывателях с детонационной логикой отсутствуют такие критические элементы, как пиротехнические средства, имеющие малые сроки хранения, ударные и накольные механизмы, приводящие в действие накольные капсулы-воспламенители и капсулы-детонаторы. В таких взрывателях отсутствует множество механических движущихся частей: стопоров, движков, часовых механизмов, фиксаторов, которые увеличивают время срабатывания взрывателя и снижают его надежность. Возможность применения во взрывателях с детонационной логикой полимерсодержащих ВВ (пластичных ВВ – пластиков или эластичных ВВ – эластиков) также увеличивает их безопасность, т.к. данные вещества являются наименее чувствительными к внешним воздействиям, в отличие от чистых бризантных и инициирующих ВВ (БВВ и ИВВ). Отсутствие механических движущихся частей обуславливает возможность применения данных взрывательных устройств ВУ в конструкциях, подвергающихся большим перегрузкам. Простота конструкции приводит к их удешевлению.

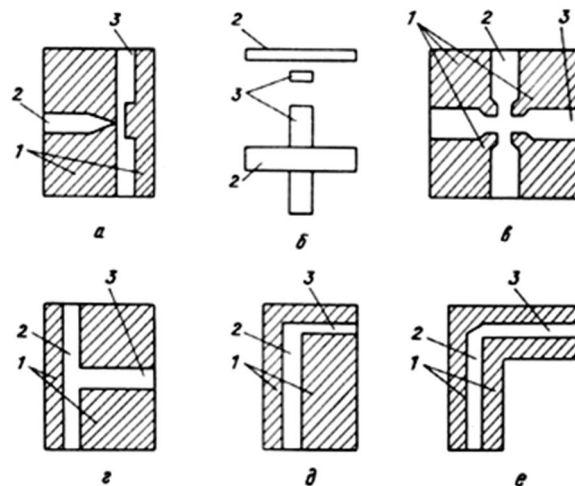
В процессе работы, опираясь на расчетные данные и массогабаритные характеристики, была проработана конструкция малогабаритного предохранительно-исполнительного механизма (ПИМа), выбран материал ВВ и форма детонационного логического элемента, а также возможный вариант его стыковки с электронной частью взрывателя.

### **Анализ принципов конструкций малогабаритных детонационных логических устройств**

Развитие направления по созданию малогабаритных детонационных логических устройств исходит из необходимости создания компактных устройств с повышенной надежностью и быстродействием.

Возможности создания таких устройств значительно расширились с разработкой широкой номенклатуры эластиков и пластиков, позволяющих изготавливать заряды сложной конфигурации.

Любое детонационное логическое устройство состоит из отдельных логических элементов, обеспечивающих передачу или отсечку детонационного импульса на заданном участке детонационной цепи. Основным логическим взрывным элементом в ПИМе является прерыватель детонации, действие которого основано на перебивании одного заряда взрывом другого заряда (рис. 1а, б) либо на использовании детонационной оптики (рис. 1в, г, д, е).



**Рис. 1. Схемы прерывателей детонации для взрывных логических устройств:**  
1 – корпус; 2, 3 – заряды ВВ

На рис. 1а изображен прерыватель детонации, состоящий из двух размещенных под углом друг к другу зарядов взрывчатого вещества (ВВ). Заряд 2 выполнен сужающимся в сторону заряда 3. При подрыве заряда 2 формируется тонкая струя продуктов детонации, разрушающая заряд 3, что обеспечивает прерывание в нем детонации в случае подрыва. Сужение заряда 3 в месте перебивания его зарядом 2 повышает надежность прерывания детонации и исключает возможность подрыва заряда 3 от заряда 2.

На рис. 1б в двух проекциях изображен прерыватель детонации, состоящий из двух перекрещивающихся зарядов. Взрыв одного из зарядов вызывает разрушение другого заряда на участке их перекрещивания, что исключает распространение по нему детонации.

Прерыватель, изображенный на рис. 1в, состоит из двух пересекающихся зарядов 2 и 3, выполненных в месте пересечения с сужением. Взрыв одного из зарядов приводит к разрушению второго заряда на участке их пересечения и, как следствие, к прерыванию детонации по нему. Благодаря сужению исключается инициирование одного заряда другим, так как толщина слоя ВВ в сужающейся части

меньше толщины слоя ВВ, при которой возможен переход детонационной волны из одного заряда в другой, расположенный под углом к нему. Поэтому при подрыве одного заряда сужающаяся часть другого заряда разбрасывается без детонации.

На рис. 1г приведен прерыватель детонации, состоящий из двух Т-образно расположенных зарядов 2 и 3. Передача детонации от заряда 2 к заряду 3 может быть осуществлена только при встрече двух детонационных фронтов, распространяющихся по заряду 2 на участке контакта зарядов. При прохождении этого участка только одним детонационным фронтом подрыв заряда 3 от заряда 2 не происходит, так как его толщина меньше разбрасываемой зоны. Данное устройство должно изготавливаться с высокой точностью соблюдения размеров, рецептуры и плотности заряда 2, чтобы обеспечить встречу двух детонационных волн в заданном месте.

На рис. 1д, е изображены прерыватели детонации, обеспечивавшие передачу детонационного импульса в одном направлении и исключающие передачу его в обратном направлении. Прерыватели выполнены в виде Г-образных зарядов. В прерывателе, изображенном на рис. 1д, участки зарядов 2 и 3 выполнены разной ширины. Это позволяет передать детонацию от заряда 3 малой ширины к заряду 2 большой ширины и не позволяет распространяться детонации от заряда 2 к заряду 3.

В прерывателе, изображенном на рис. 1е, оба заряда выполнены одной ширины, однако в месте перегиба под углом к зарядам размещена стенка, обеспечивающая отражение детонационной волны в нужном направлении. В случае, когда фронт волны отражается в направлении размещенного под углом заряда, детонация передается ему. Детонация в обратном направлении не передается.

Также при создании малогабаритных взрывных логических устройств возможно применение и принципа прерывателя, основанного на использовании для прерывания детонации заряда ИВВ, масса которого меньше массы предельного заряда данного иницирующего вещества по БВВ, из которого изготовлен прерываемый заряд. При взрыве такого заряда ИВВ в контактирующем с ним заряде бризантного взрывчатого вещества возникает процесс затухающей детонации, сопровождающийся разрушением заряда на участке, прилегающем к заряду иницирующего взрывчатого вещества, и передача по нему детонации становится невозможной. Варианты конструкции прерывателей детонации, основанные на этом принципе, приведены (рис. 2).

На рис. 2а изображен прерыватель детонации, обеспечивающий прерывание детонации путем разрушения заряда 3 на участке соприкосновения с зарядом 2. Разрушение участка заряда 3 в этом случае

происходит за счет иницирования в нем незатухающей детонационной волны зарядом ИВВ 2, который в свои очередь детонирует от заряда ВВ 1. Возникновение затухающей детонации обеспечивается тем, что масса иницирующего вещества заряда 2 меньше массы предельного заряда этого ИВВ по БВВ, из которого изготовлен заряд 3, а также тем, что иницирование заряда 3 происходит в направлении от боковой поверхности заряда 2. Как известно, действие взрыва в боковом направлении значительно слабее, чем в продольном, что исключает возникновение в иницируемом ВВ пережатой детонации.

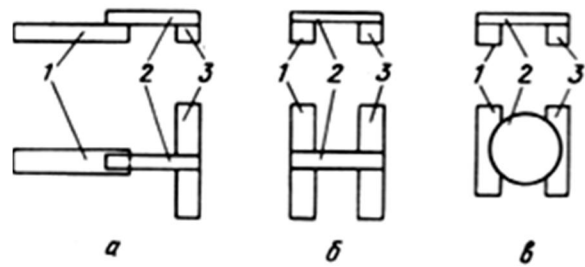


Рис. 2. Схема прерывателей детонации в двух проекциях с зарядом ИВВ:  
1, 3 – заряды БВВ; 2 – заряд ИВВ

Прерыватель детонации, изображенный на рис. 2б, отличается тем, что обеспечивает в случае подрыва заряда 1 прерывание детонации в заряде 3 и наоборот. Заряд 2 также изготовлен из ИВВ. Действие его аналогично.

Отличие прерывателя детонации на рис. 2в от 2б состоит в том, что заряд ИВВ 2 – цилиндрической формы.

### Выбор оптимальной конструкции малогабаритного детонационного логического устройства предохранительно-исполнительного механизма

Вышеизложенный анализ схем прерывания детонации в логических устройствах привел к разработке конструкции малогабаритного ПИМа на детонационной логике, который изображен на рис. 3а, б, в. Данный ПИМ работает следующим образом: при санкционированном его действии срабатывают первичные инициаторы, снимающие ступени предохранения и дающие возможность прямому прохождению детонационного импульса к передаточному заряду и далее детонатору. В случае же несанкционированного срабатывания одна из детонационных ветвей (предохранительная) прерывает другую (основную) детонационную ветвь, не давая детонации перейти к детонатору и основному заряду ВВ

боеприпаса. Это происходит за счет разности длин основной и предохранительной ветвей детонации. Также для дополнительной безопасности введен первичный инициирующий элемент с полимерной вставкой, который также разрушает основную детонационную цепь в случае случайного срабатывания ПИМа, например, от статического электричества, электромагнитного импульса, токов наводки и т.п.

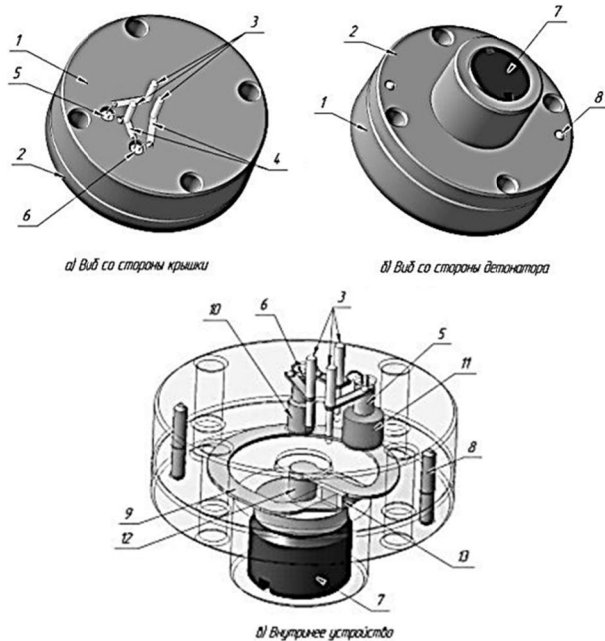


Рис. 3. ПИМ с детонационным логическим устройством:

- 1 – крышка; 2 – корпус; 3 – контакты;
- 4 – пластины для пайки выводов от ЭД;
- 5 – ЭД1; 6 – ЭД2; 7 – детонатор;
- 8 – штифт ориентирующий;
- 9 – дорожка состава; 10 – усилительный состав;
- 11 – инертная прокладка; 12 – передающий заряд;
- 13 – полимерная вставка.

### Обоснование выбора вида ВВ

В настоящее время для многих мощных ВВ определена критическая толщина детонационно-способного слоя при относительной высокой плотности (0,90÷0,93). Этому интервалу относительных плотностей отвечает наибольшая детонационная способность. Плоская форма позволяет изготавливать достаточно тонкие слои, тогда как известные измерения для цилиндрических зарядов ограничены снизу  $\approx 2$  мм.

В работе [1] приведены численные значения для некоторых ВВ, толщины слоя, наименьшей, когда детонация проходит по всей длине слоя ( $\Delta^+ \min$ ), и наибольшей, когда детонация затухает ( $\Delta^- \max$ ).

Экспериментальные значения  $\Delta^+ \min$  и  $\Delta^- \max$  и промежуточные значения  $\Delta_{кр}$ , выбранные в качестве критической толщины детонационно-способного слоя, приведены в таблице.

Таблица

Критические толщины детонационноспособного слоя для некоторых БВВ

ВВ	$\Delta^- \max$	$\Delta^+ \min$	$\Delta_{кр}$
Тетрил	-	-	0,55
Октоген	0,80	0,82	0,81
Гексоген	0,44	0,46	0,45
ТЭН	0,21	0,23	0,22

Используя материалы [2], рассмотрим влияние оболочки на критический диаметр стационарной детонации высокоплотных ВВ.

Предлагаемая теория критического диаметра детонации исходит из следующих фактов:

1) детонационная волна представляет собой комплекс из ударной волны с последующей зоной химической реакции (во фронте ударной волны химической реакции не происходит);

2) для предела стационарной детонации определяющими являются условия в окрестности ударного фронта (стационарность ударного фронта обуславливает стационарность течения во всей зоне реакции);

3) в цилиндрическом заряде ВВ фронт детонационной волны искривлен; возможность распространения самоподдерживающейся детонации определяется структурой течения на оси заряда непосредственно за ударным фронтом, а стационарность формы фронта детонации – структурой течения на краю заряда за ударным фронтом.

Для определения предельного условия стационарного распространения самоподдерживающейся детонации с искривленным фронтом проанализируем течение в зоне химической реакции на оси заряда. С учетом стационарности детонационного комплекса непосредственно за фронтом ударной волны имеют место следующие соотношения:

$$\frac{dp}{dt} = -D \frac{dp}{dx}, \quad \frac{du}{dt} = -D \frac{du}{dx}, \quad (1)$$

где  $x$  – пространственная лагранжева координата, направленная вдоль оси заряда;  $D$  – скорость детонации;  $p$  – давление;  $u$  – массовая скорость;  $t$  – время.

Аппроксимируя малый участок ударного фронта вблизи оси заряда сферической поверхностью с радиусом кривизны  $R$ , будем считать, что скорость фронта по нормали к фронту в пределах рассматриваемого участка постоянна и равна  $D$ . При сделанных предположениях течение реагирующей среды непосредственно за ударным фронтом будет обладать сферической симметрией и описывается следующей системой уравнений:

$$\frac{d\rho}{dt} + \frac{\rho^2}{\rho_0} \frac{du}{dx} + \frac{2\rho u}{R} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{d\rho}{dx},$$

$$\frac{d\rho}{dt} = -\frac{1}{c^2} \frac{d\rho}{dt} - \frac{pQ_p \Gamma d\lambda / dt}{c^2},$$

где  $\rho_0$  – начальная плотность ВВ,  $\lambda$  – переменная, отражающая состав среды (в исходном состоянии  $\lambda=0$ );  $V$  – удельный объем;  $\Gamma$  – параметр Грюнайзена;  $Q_{pV}$  – тепловой эффект реакции при постоянных  $p, V$ ;  $c^2$  – квадрат замороженной скорости звука. Из (1) и (2) можно получить выражение для  $du/dt$

$$-\frac{du}{dt} = \frac{\rho_0 D}{\rho^2 c^2 - \rho_0^2 D^2} \left[ p Q_{pV} \Gamma \frac{d\lambda}{dt} - \frac{2\rho u c^2}{R} \right]. \quad (3)$$

Как известно, за фронтом стационарной детонационной волны профиль массовой скорости спадающий, т.е.  $du/dt \leq 0$  [3]. Выражение, стоящее перед квадратной скобкой, для сред без аномалий положительно. Поэтому величина, заключенная в квадратные скобки, также положительна. С уменьшением радиуса кривизны фронта  $R$  эта величина уменьшается, и профиль массовой скорости становится более пологим, а  $du/dt$  возрастает, стремясь к нулю. Естественно предположить, что в пределе стационарного распространения самоподдерживающейся детонации  $du/dt=0$ .

Этому условию, согласно (3), соответствует кривизна фронта, которую назовем критической  $R_{кр}$

$$R_{кр} = \frac{2uc^2}{Q_{pV} \Gamma d\lambda/dt}. \quad (4)$$

Нетрудно показать, что при условии  $R > R_{кр}$  скорость выделения энергии в результате химической реакции будет равна скорости уменьшения внутренней энергии вследствие расходимости потока.

Естественно предположить, что при диаметре заряда, равном критическому, радиус кривизны фронта детонационной волны на оси заряда равен  $R_{кр}$ . Для того, чтобы связать  $R_{кр}$  и  $d_{кр}$ , будем считать, что в условиях, близких к критическим, фронт детонационной волны является сферическим, но радиус его не равен  $d_{кр}/2$ , а определяется из условия равенства угла между фронтом ударной волны и поверхностью заряда, углу, при котором реализуется стационарная форма фронта  $\varphi_{ст}$ . Для зарядов в оболочке  $\varphi_{ст} = \varphi_0$ , где  $\varphi_0$  – угол наклона ударного фронта к оболочке, при котором реализуется «безотражательное» взаимодействие ударной волны с оболочкой.

$$d_{кр} = \frac{2nuc^2 \cos \varphi_{ст}}{Q_{pV} \Gamma W}, \quad (5)$$

$$W = d\lambda/dt,$$

где  $u$  – массовая скорость во фронте детонационной волны;  $c$  – скорость звука в ударно-сжатом ВВ;  $\varphi_{ст}$  – угол наклона детонационного фронта к поверхности заряда, обеспечивающий стационарность ударного фронта;  $Q_{pV}$  – тепловой эффект при

постоянных  $p, V$ ;  $\Gamma$  – параметр Грюнайзена;  $W$  – начальная скорость разложения ВВ в зоне химической реакции непосредственно после ударного сжатия,  $n$  – величина, зависящая от геометрических параметров детонационной волны [4].

Заряды ВВ в виде тонких слоев имеют большое практическое значение, поэтому рассмотрим один из возможных подходов к определению пределов детонации в тонких слоях ВВ. Критический размер заряда ВВ, допускающий стационарное распространение детонации, определяется следующей зависимостью [2]

$$l_{кр} = \frac{2nuc^2 \cos \varphi_{ст}}{Q_{pV} \Gamma W}, \quad (6)$$

где  $n$  – величина, зависящая от геометрических параметров детонационной волны.

Для типичных высокоплотных ВВ в случае отсутствия оболочки  $\varphi_{ст} \approx 45...48^\circ$ , при наличии металлической оболочки или двухстороннего ограничения для плоских зарядов  $\varphi_{ст} \approx 83...85^\circ$  [2]. Для цилиндрических зарядов ВВ  $n=2$  и  $l_{кр}=d_{кр}$ . Для тонких плоских зарядов  $n=1$  и  $l_{кр}=h_{кр}$  ( $h_{кр}$  – критическая толщина слоя ВВ).

Для плоского и цилиндрического зарядов из одного ВВ с одинаковыми характеристиками имеет место следующее соотношение

$$d_{кр} = 2h_{кр}. \quad (7)$$

Предполагая независимость критической скорости детонации от влияния металлической оболочки, получим следующую оценку

$$\frac{d_{кр}^{св}}{d_{кр}^{об}} = \frac{h_{кр}^{св}}{h_{кр}^{об}} \approx 6,0 \div 8,1. \quad (8)$$

Конфигурации детонационных фронтов в тонких слоях с различными ограничениями представлена (рис. 4).

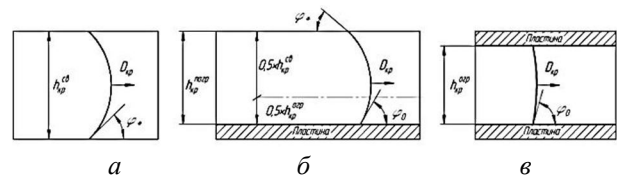


Рис. 4. Конфигурации фронтов:

*a* – без ограничения (оболочки); *б* – с односторонним ограничением; *в* – с двухсторонним ограничением

В зарядах ВВ без ограничения  $\varphi_{ст} = \varphi_*$  ( $\varphi_*$  – звуковой угол). На границе контакта с металлической пластиной  $\varphi_{ст} = \varphi_0$ , где  $\varphi_0$  – угол безотражательного воздействия.

При локальном воздействии форма очага инициирования детонации имеет вид, представленный

на рис. 5, и характеризуется средним радиусом кривизны  $R$ , который можно вычислить по формуле

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}. \quad (9)$$

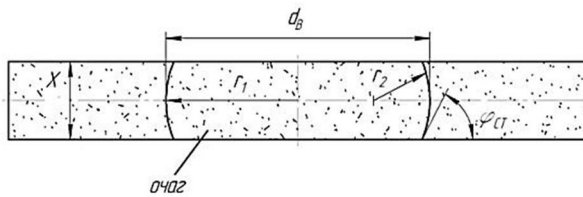


Рис. 5. Вид очага инициирования

Условие незатухания возникшей в области воздействия детонационной волны будет неравенство  $R > R_{кр}$ , приведенное выше. К сожалению, для вычисления среднего радиуса кривизны требуется большое количество данных, получение которых является довольно трудной экспериментальной задачей.

Для преодоления этой трудности предложено вычислить средний радиус кривизны через критическую толщину детонационного слоя:

$$R_{кр} = \frac{h_{кр}}{2 \cos \varphi_{СТ}}. \quad (10)$$

Для конкретизации условия  $R > R_{кр}$  получим выражения для главных радиусов кривизны очага инициирования  $r_1$  и  $r_2$

$$r_1 = d_B / 2, \quad (11)$$

$$r_2 = h / 2 \cos \varphi_{СТ}, \quad (12)$$

где  $d_B$  – диаметр области инициирования.

Для рассматриваемой конструкции  $d_B$  близок к диаметру детонатора. Что касается формулы для  $r_2$ , то она получается, исходя из предположения, что кривизна фронта в меридиональном сечении постоянна, а угол между фронтом и поверхностью заряда –  $\varphi_{СТ}$ .

Объединив вышеперечисленные зависимости, получим условие, которому удовлетворяет характерный размер области воздействия и толщины слоя инициирующего ВВ, для распространения детонации на окружающее ВВ

$$\frac{d_B}{h} \geq \frac{1}{\cos \varphi_{СТ}} \frac{1}{h/h_{кр} - 1}. \quad (13)$$

Для аппроксимации экспериментальных данных эту зависимость удобнее использовать в виде

$$\frac{d_B}{h} \geq \frac{F}{h/h_{кр} - 1}, \quad (14)$$

где  $F$  – коэффициент, зависящий от характера ограничения слоя ВВ.

Для проверки соотношения (13) и определения коэффициента  $F$  в (14) были взяты ряд экспериментов, описанных в [5], по инициированию листового эластичного ВВ.

В результате этого было выведено уравнение кривой, отделяющей область инициирования детонации от области отказов, которое имеет вид

$$\frac{d}{h} = 3,7 \cdot \left( \frac{h}{h_{кр}} - 1 \right). \quad (15)$$

На основании всего вышеизложенного была проработана конструкция малогабаритного логического детонационного устройства (подобная конструкция описана в [6]), приведенная на рис. 3, и проведены расчеты минимальной толщины детонационноспособного слоя листового эластичного взрывчатого вещества ЭВВ-8Т, подтверждающие работоспособность данной конструкции.

## Выводы

1. Данная работа доказывает возможность разработки и использования предохранительно-исполнительного механизма с детонационным логическим устройством.

2. Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность выбранной конструкции.

3. Выбран вид ВВ – эластит ЭВВ-8Т, обеспечивающий детонационную логику ПИМа.

4. Предложен вариант конструкции малогабаритного ПИМа.

## Список литературы

1. Афанасьев Г.Т., Бедов В.И., Сергиенко О.И. Детонационная способность твердых ВВ при высокой плотности. Академия наук СССР, Сибирское отделение, Журнал «Физика горения и взрыва», 1981. – № 2, – 158.

2. Кобылкин И.Ф., Соловьев В.С., Бойко М.М. Критический диаметр стационарной детонации высокоплотных ВВ, влияние оболочки. Академия наук СССР, Сибирское отделение, Журнал «Физика горения и взрыва», 1983. – № 4, 120.

3. Демин А.Н., Савров С.Д. Детонационные волны в конденсированных средах. – Москва: Журнал «Наука», 1970.

4. Михайлюк К.М., Трофимов В.С. О возможном газодинамическом пределе распространения стационарной детонации. Академия наук СССР, Сибирское отделение, Журнал «Физика горения и взрыва». 1977. – № 13, 4, 606.

5. Кобылкин И.Ф., Соловьев В.С. Критические условия распространения и инициирования детонации в тонких слоях ВВ. Москва: Издательство МО СССР, Журнал «Боеприпасы». – № 3, 1986.

б. Чумак А.Ф., Филиппов И.А. Малогабаритные взрывные логические устройства. – Москва: Министерство машиностроения СССР, научно-технический сборник «Вопросы специального машиностроения». – серия 4. – № 1, 1986.

**Рецензент:** д.т.н., проф. М.Ф. Буллер, Шосткинский институт Сумского государственного университета, Шостка.

### **Запобіжно-виконавчі механізми підривних пристроїв, що засновані на детонаційній логіці**

А.Б. Саприкін

*У процесі роботи був проведений аналіз принципів конструкцій малогабаритних підривних логічних пристроїв, проведені розрахунки для підбору вибухової речовини, спираючись на розрахункові дані та масогабаритні характеристики. Була опрацьована конструкція малогабаритного запобіжно-виконавчого механізму, обраний матеріал та форма детонаційного логічного елемента, а також можливий варіант його з'єднання з електронною частиною підривача.*

**Ключові слова:** запобіжно-виконавчий механізм, підривач.

### **Safe and arming mechanisms of fuze devices based on the detonation logic**

A. Saprykin

*The possibility of creating fuzes based on detonation logic, their manufacture with minimal overall dimensions leads to the increase of explosive shell mass, increasing power of the munition. In fuzes with detonation logic missed such critical items as pyrotechnics with small period of storage, impact and prick mechanisms actuating prick percussion caps and blasting caps. Also a lot of mechanical moving parts are absent: detents, sliders, clockworks, clamps, etc. which increases the fuze operation time and reduces its reliability. The possibility of using HE, containing polymers, in fuzes with detonation logic also increases their safety, as these substances are the least sensitive to external influence unlike pure blasting and initiating HE. No mechanical moving parts leads to the possibility of using such explosive devices in designs exposed to high overloads.*

*In the process, an analysis of the miniature explosive logic devices' construction fundamentals has been performed, the calculations of the selection of explosive material based on the estimates and weight and size characteristics, worked through the design of miniature safe and arming mechanism, selected material and shape of the detonation logic element as well as a possible variant of its coupling with electronics part of the fuze.*

#### **Conclusions**

- 1. This work demonstrates the possibility of the development and usage of safe and arming mechanism with detonation logic device.*
- 2. The calculations confirm the availability of the selected design.*
- 3. Selected HE material provides a safe and arming mechanism detonation logic.*
- 4. Suggested a variant of the design of miniature safe and arming mechanism.*

**Key words:** safe and arming mechanism, the fuze.

---