

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации БАСАКИНОЙ Светланы Сергеевны на тему:  
**«Гидродинамика направленного подводного взрыва неидеально детонирующих высокометаллизированных составов»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

### **1 Актуальность темы исследования**

Повышение энергоэффективности подводного взрыва возможно за счет добавления в заряд взрывчатого вещества (ВВ) различных металлизированных добавок, среди которых использование частиц алюминия, как показывает практика, наиболее эффективно. Это связано с тем, что такие смеси производят большое количество прогретого алюминия, способного реагировать с окружающим паром и водой, выделяя тем самым большое количество тепловой энергии и водорода, которая, в свою очередь, зависит от количества металла в заряде ВВ. Как показывают исследования, применение алюминизированных составов с соотношением  $Al/O > 0.4$  не дает существенного преимущества, так как весь алюминий не успевает полностью прореагировать с водой. Поэтому для полной реакции избыточного алюминия необходимо хорошее смешение с водой.

Нахождение способа осуществления затянутого энерговыделения и реакции металлического горючего с окружающей водой является актуальной проблемой современной физики взрыва. Настоящая диссертационная работа и направлена на решение данной проблемы.

### **2 Цели и задачи исследования**

Целью работы являлось повышение эффективности действия подводного взрыва в заданном направлении. Исходя из поставленной цели, в работе решались следующие задачи:

- определение механизма распространения детонационного процесса в сильно забалластированном металлическим горючим составе;

- разработка с помощью параметрического моделирования разработать смесевые высокометаллизированных составов, ПД которых содержат большое количество разогретого до реакционных температур металла;

- экспериментальное определение параметров волн сжатия, рожденных неидеальным подводным взрывом с дореагированием высокометаллизированных ПД с окружающей водой;

- реализация сценария направленного подводного взрыва путем смешения реагирующих высокометаллизированных ПД в предварительно созданном пузырьковом канале в воде с последующим дореагированием и созданием быстродвижущейся в сторону препятствия гетерогенной среды.

### **3 Научная новизна работы**

При проведении научных исследований по диссертационной работе автор получил следующие наиболее существенные новые научные результаты:

1. Экспериментальные данные о детонационной способности высокометаллизированных составов на основе порошка алюминия, твердого окислителя перхлората аммония (ПХА) и нитрометана (НМ), а также результаты численного моделирования детонации таких составов получены впервые.

2. Для характеристики неидеальных подводных взрывов высокометаллизированных составов в воде с пузырьками воздуха одновременно с измерением давления гидроударных волн (ГУВ) для оценки полного действия взрыва было впервые измерено действие на мишень течений пузырьковой среды.

3. Впервые экспериментально обнаружен новый эффект направленного действия подводного взрыва при инициировании высокометаллизированного заряда в гетерогенной среде типа «вода + пузырьки воздуха».

### **4 Теоретическая и практическая значимость работы**

В диссертационной работе Басакиной С.С. продемонстрирован новый способ организации подводного взрыва таким образом, что часть энергии

деляется преимущественно в каком-то одном, заранее заданном направлении. Фактически речь идет о направленном подводном взрыве. При этом также автор уделила внимание энергетической эффективности: для создания мощных гидровзрывных волн используются высокометаллизированные составы, способные детонировать. В работе обоснована модель распространения детонации по смесевому составу, сильно перегруженному металлическим горючим. Детонационный фронт распространяется по жидкому взрывчатому веществу – нитрометану, разогревая тем самым частицы металла и подготавливая их к дальнейшей реакции с водой при подводном взрыве. В работе решена проблема смешения частиц избыточного металла, содержащегося в заряде, с окружающей водой. Автор предлагает использовать гетерогенную барботированную воду в ближней зоне от заряда для усиления гидродинамической неустойчивости контактной поверхности и, как следствие, усиления смешения. Предложенный способ взрывания высокометаллизированного состава в пузырьковой среде решает сразу несколько фундаментальных проблем достижения повышенного энерговыделения при подводных взрывах. Действительно, предложенный подход продемонстрирован и обоснован впервые, и впервые определены количественные характеристики воздействия таких взрывов на цели по сравнению с действием обычных бризантных ВВ. Схема реализации взрыва, предложенная автором, возможна на текущем уровне развития техники и могут найти применение в ряде практических задач, например, в морской сейсморазведке, штамповке взрывом, вскрытии тяжелых ледовых полей, морской добыче полезных ископаемых и т.д.

## **5 Методология и методы исследований**

Диссертационное исследование базируется на традиционных и современных подходах физики взрыва и механики сплошной среды, методах математического и физического моделирования, натурных экспериментов.

Для экспериментального определения параметров подводного взрыва в сплошной воде и в воде с пузырьки воздуха и его действие на препятствие применялись различные измерительные методики. Для возбуждения детонации зарядов использовались инициирующие устройства различного типа.

## **6 Степень достоверности полученных результатов**

Обоснованность и достоверность описанных автором работы научных результатов не вызывает сомнений, поскольку подтверждается большим объёмом физических экспериментов в водной среде, в том числе полученные другими авторами. Детонационные характеристики исследуемых составов, полученные в результате экспериментов, верифицированы с помощью математического моделирования.

## **7 Апробация работы**

Автором опубликовано 6 печатных работ, из них 5 – в рекомендованных в ВАК РФ. Освещение результатов на различных конференциях и семинарах, в т.ч. международных, свидетельствует о достаточной апробации данной работы. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно и правильно отражают основные положения диссертации. Работа своевременна, полезна и свидетельствует о комплексности и законченности решаемой задачи.

## **8 Основные замечания**

По тексту автореферата есть следующие вопросы и замечания:

1. На рисунке 1 представлены скорости детонации зарядов в зависимости от расстояния. По этим данным делается вывод об стационарном распространении детонационного процесса. Однако, несмотря на то, что в тексте диссертации упоминается большое количество опытов, в автореферате на рисунке 1 показаны только некоторые из них, что не позволяет сделать однозначные выводы о стационарности процесса.

2. Необходимо объяснить, из каких соображений автор делает вывод о том, что реакция продолжается в пузырьковом канале при движении гетерогенной сжимаемой среды по нему в сторону мишени.

3. В работе рассмотрены генераторы пузырьков, обеспечивающие вертикальное образование пузырьковой колонны. Рассматривалась ли система подача воздуха в генератор пузырьков, которая обеспечивала бы устойчивое образование пузырьковой колонны, отличное от вертикального. На практике возможны случаи, когда необходимо разрушить препятствие под водой, расположенное, например, вертикально, а не горизонтально.

Высказанные замечания не снижают качества достигнутых автором результатов работы, общая положительная оценка диссертационного исследования не вызывает сомнения.

Исходя из структуры содержания автореферата, представляется возможным сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

Диссертационная работа БАСАКИНОЙ Светланы Сергеевны представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача, имеющее важное народнохозяйственное значение. Основные положения и выводы являются логичными и аргументированными. Научные положения, выносимые на защиту – обоснованы. Поставленная цель и задачи выполнены в полном объёме, работа имеет высокую научную новизну и практическую значимость, она сделана на современном научном и техническом уровне.

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа БАСАКИНОЙ С.С. отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 абзац 2 «Положения о присуждении ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г. и «Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней» № 355 от 21.04.2016 г.), а автор диссертации, БАСАКИНА С.С., заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества»..

Отзыв на автореферат рассмотрен и всесторонне обсуждён на заседании секции № 2 НТС АО «НПО «Базальт» (Протокол № 2 от 04.03.2024 г.).

Отзыв подготовил:

*В. Руссов*  
04.03.2024

Руссов Владимир Федорович –

начальник научно-конструкторского отдела КБ-2 АО «НПО «Базальт», кандидат технических наук, специальность 20.02.21 – «Средства поражения и боеприпасы», 105318, Москва, Россия, ул. Вельяминовская, д. 32, корп. 1, тел. 8 (499) 369-01-22

Подпись Руссова В.Ф., заверяю

Начальник ОДО



Л.И. Пипикова