

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию 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

**Актуальность** диссертационной работы Басакиной С.С. определяется новой возможностью генерации направленных взрывных волн при подводном взрыве с повышенными параметрами в сравнении с используемыми взрывчатыми веществами (ВВ). Предложенный автором метод, объединяющий в себе использование высокометаллизированных составов и гетерогенной среды, простирающейся от заряда к препятствию, в дальнейшем могут быть использованы в промышленности при подводной добыче полезных ископаемых. Например, для вскрытия ледовых полей у добывающих платформ на арктическом шельфе, морской сейсморазведке наряду с использующимися «спаркерами» в качестве источников импульсов сжатия под водой.

Диссертация Басакиной С.С. состоит из введения, четырех глав, формулировки основных результатов и выводов, списка сокращений и списка цитируемой литературы. Работа изложена на 144 страницах и содержит 58 рисунков, 14 таблиц и библиографию из 133 наименований.

**Во введении** рассмотрена актуальность темы, сформулированы цель работы и задачи исследования, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методы исследования, а также положения, вынесенные на защиту. Приведены сведения о достоверности результатов, апробации работы и личном вкладе автора.

**В первой главе** представлен обзор литературы, в котором рассмотрены особенности подводных взрывов зарядов с различными металлическими добавками. Обсуждены механизмы взаимодействия металлических частиц с водой и паром. Приведены сведения о математической модели распространения детонации в многокомпонентных смесевых металлизированных составах. Рассмотрено влияние наличия гетерогенной среды на подводный взрыв.

**Вторая глава** посвящена исследованию детонационных характеристик тройных составов типа нитрометан (НМ) + перхлорат аммония (ПХА) + алюминий. Приведены экспериментальные данные по влиянию на скорость детонации состава, типа оболочки и способа инициирования. Проведено численное моделирование и определен механизм

распространения детонации по высокоалюминизированным составам, заключающийся в ведущей роли фронта детонации в НМ. Теоретически оценены полные тепловые энергии используемых в работе составов с учетом реакций алюминия, содержащегося в продуктах детонации, с водой и паром.

**В третьей главе** дано описание методики исследования подводного взрыва в идеально и неидеально детонирующих ВВ. По записям датчиков давления определялись давления гидроударных волн и периоды пульсаций, с помощью которых рассчитывались полные удельные энергии взрыва исследованных смесевых составов. Также предложен и описан способ измерения механического действия взрыва на мишень при помощи подвижного препятствия. Разработано и представлено устройство для создания гетерогенной среды – генератор пузырьков. Исследованы свойства полученной пузырьковой колонны.

**В четвертой главе** представлены основные результаты экспериментальных исследований подводных взрывов высокометаллизированных составов в различных средах. Проведено сравнение параметров высокоалюминизированных составов с известными бризантными ВВ, взорванными в сплошной воде и в воде с пузырями воздуха. В результате установлено, что взрывы сильно забалластированных алюминием зарядов рождают взрывные волны с повышенными параметрами за счет дореагирования с окружающей водой и паром, образующимся при контакте продуктов детонации с водой. Показано, что наличие гетерогенной среды, на участке от заряда к препятствию, позволяет передать по ней существенную часть энергии взрыва заряда. Показано что в случае заряда с увеличенной на порядок массой эффект направленного взрыва масштабируется.

Ключевая составляющая научной новизны работы, по мнению оппонента, заключается в:

- установлении механизма распространения детонации в высокоалюминизированных смесевых составах с добавками нитрометана;
- использовании гетерогенной среды для интенсификации смешения металла с водой при взрыве высокометаллизированных составов.

**Практическая значимость** диссертационного исследования заключается в том, что автором созданы научные основы для создания новых технологий производства, таких как, например, штамповка взрывом.

**Апробация** подтверждена участием автора в отечественных и зарубежных научных конференциях с докладами по тематике работы. Основные результаты диссертации опубликованы в 5 рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

Полученные автором результаты можно считать достоверными, так как они проверены расчетами и экспериментом, а также проведено сравнение с данными, представленными в работах других авторов.

По диссертационной работе можно сделать следующие **замечания**:

1. В таблице 2 на стр. 39, где представлены детонационные характеристики исследуемых тройных составов, обращает на себя внимание несоответствие суммы компонентов трех последних смесей 100%. Например, для вещества Н-6 сумма всех компонентов равна 110%.
2. На стр. 42 сказано: «Опыты показали снижение скорости детонации в зарядах с составом 1:1 с инерциальным подпором оболочки водой с 3.2 до 3.0 км/с в сравнении с зарядами в стальной оболочке. Взрыв же заряда с составом 1:1 в пластиковой оболочке на воздухе происходит при существенно более низкой скорости детонации 2.33–2.47 км/с». Однако на рис. 8 видно, что даже на большом расстоянии от места инициирования значения скорости детонации для соседних точек существенно отличаются. В данном случае, по-видимому, сложно говорить об установившемся детонационном режиме.
3. Не ясно на чем основан выбор сорта металлического горючего – чешуйчатого алюминия марки ПАП-2. Возможно, использование сферического алюминия типа АСД привело бы к более высокой плотности состава и, как следствие, более высоким параметрам детонации?
4. В тексте диссертации в нескольких местах встречаются некоторые неточности. В частности, на рис. 7 в подписи к рисунку указано, что 2 – это оболочка, а 3 – смесь. Хотя, исходя из того, что показано на рисунке, всё наоборот. Также в нескольких местах одними и теми же буквами обозначаются разные величины. Например,  $S$  – площадь поперечного сечения заряда на стр. 46, но при этом  $S$  – это толщина стенки оболочки на рис.7. Также на рис.7 длина заряда обозначается как  $l$ , а на стр. 46 – это уже показатель степени. На стр. 46 в формулах (13) и (14) приводится параметр  $V_i$ , и сказано, что это давление. Но в формуле (13) размерность  $V_i$  не совпадает с размерностью давления. В подписи к рис. 10 указана некорректная ссылка [107] на экспериментальные данные. На стр. 62 вместо ссылки на формулу (5) должна быть формула (27).

Указанные вопросы и замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационного исследования Басакиной С.С. Прделана большая, серьезная работа и получены новые оригинальные результаты. Автореферат полностью соответствует диссертации. Результаты в должном объеме представлены в публикациях.

Диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации

