

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

Диссертационная работа Басакиной Светланы Сергеевны посвящена исследованию подводного взрыва. В этой классической области ей удалось добиться существенных продвижений, основанных на новых подходах, и продемонстрировать возможности повышения эффективности действия взрыва. Не вызывает сомнения актуальность исследования, а также его оригинальность.

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 обоснована актуальность темы диссертации, определены цель и задачи исследования, научная новизна и значимость работы. Кратко изложены методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту. Автор обосновывает достоверность полученных результатов, описывает их апробацию, приводит число публикаций.

Первая глава содержит весьма подробный обзор зарубежной и отечественной литературы, посвященной физике и механике подводного взрыва и сопутствующих явлений. В том числе изложены современные представления о роли металлов, входящих в состав взрывчатых композиций, а также о взаимодействии подводного взрыва с барботированной средой. Именно эти вопросы далее подробно исследуются в диссертации. Обоснован выбор в качестве металлического компонента алюминия, как доступного, эффективного и нетоксичного материала.

Во второй главе начинается изложение оригинальных результатов автора. Экспериментально исследована детонация ряда взрывчатых композиций, как классических (аммонит БЖВ и гексоген), так и смесей перхлората аммония с алюминием в виде пудры ПАП-2, причем содержание алюминия в смесях было заметно выше, чем в составах, традиционно применяемых для подводных взрывов. Для более надежной работы добавлялся также нитрометан. Ожидалось, что избыток алюминия будет реагировать с водой на фазе расширения продуктов детонации, чем усилит действие взрыва. Это предположение вполне

подтвердилось. Были экспериментально измерены скорости детонации ряда составов, при различных способах инициирования и в разных оболочках. Проведено моделирование зоны реакции в квазиодномерной стационарной постановке. Подбор параметров, входящих в кинетическую схему, позволил получить разумное согласие по скорости детонации и оценить доли прореагировавших компонент, теплоту реакции, а также резерв энерговыделения, на который можно рассчитывать при дореагировании алюминия в воде.

В третьей главе обстоятельно описана методика экспериментов по исследованию подводного взрыва, а также применяемое при этом оборудование. Следует особо отметить масштабы и трудоемкость выполнения подобных опытов. Взрыв производился в емкостях объемом 4.5 м^3 (малая) и 13.5 м^3 (основная), вкопанных в землю. В предварительных опытах выяснилось, что эти бассейны при взрыве необратимо смещаются вверх на высоту до полуметра, следуя за поднимающейся вверх массой воды. По-видимому, это происходит за счет кратковременного импульса отрицательного давления в воде. Это неприятное явление удалось минимизировать, регулируя размещение зарядов. Для создания в воде барботированных областей разработан оригинальный генератор пузырьков воздуха, создающий хорошо оформленную двухфазную колонну, в которой и осуществлялись взрывы. Здесь надо отметить находчивость автора, которая проявилась в выпуске воздуха через тонкие щели, вместо ожидаемых на первый взгляд круглых отверстий.

В четвертой главе представлены основные результаты, ради которых предпринимались указанные выше усилия. При взрывах высоко алюминизированных составов подтверждено догорание разогретого при взрыве алюминия в парах воды, что следует из инструментальных записей, а также в некоторых опытах прямо наблюдается по вторичным вспышкам, видимым на кинокадрах. Еще важнее, что эффект взрыва резко усиливался при взаимодействии потоков продуктов детонации с неоднородной пузырьковой средой, за счет лучшего перемешивания в результате развития гидродинамических неустойчивостей. Эти два результата составляют основное достижение автора.

По диссертационной работе Басакиной С.С. у оппонента имеется несколько замечаний:

1. Сравнение расчетов, проведенных во второй главе, с экспериментом проводится в основном по скорости детонации. Эта характеристика — одна из наиболее консервативных и мало чувствительных к деталям процесса. Было бы полезно измерить, например, профили массовой скорости, которые уже можно сопоставить с расчетными распределениями.
2. На стр. 10 автор пишет: «Расширение газового пузыря с ПД продолжается в течение сравнительно продолжительного промежутка времени и прекращается, когда давление внутри него сравнивается с гидростатическим давлением. Однако движение

стенок пузыря продолжается далее из-за инерции воды». Эти два последовательных предложения противоречат друг другу. При равенстве давлений прекращается не расширение, а ускорение пузыря. Вероятно, в первом предложении просто использована неудачная формулировка.

3. На стр. 27 автор пишет: «Затем, из-за существенной разницы в скоростях ПД и окружающей воды возникает неустойчивость контактной поверхности между ПД и водой». Здесь лучше выразиться подробнее, например, сказать, что неустойчивость Релея–Тейлора возникает из-за разности плотностей, а после ее развития уже из-за разности скоростей можно ожидать неустойчивости Кельвина–Гельмгольца.
4. На стр. 71 написано: «разрыв сплошности воды возможен при отрицательном давлении -10 атм». Здесь не помешала бы ссылка. В литературе можно встретить как гораздо бóльшие значения прочности воды, так и меньшие, хотя трудно не согласиться с объяснением эффекта «выпрыгивания» за счет растяжения воды.
5. Имеются отдельные опечатки, например, «бЖД» в подписи к рис. 54, стр. 122. В таблице 3 на стр. 42 для состава № 8 приведена скорость детонации 2.4 км/с, тогда как на рис. 8 наблюдается скорость не менее 2.7 км/с. В автореферате (стр. 8, строка 3 сверху) указаны скорости детонации около 3 м/с, вместо км/с.

Высказанные замечания не затрагивают сути и основных выводов диссертации и не снижают высокую оценку работы Басакиной С.С. В работе получены новые, оригинальные и достоверные экспериментальные результаты, а объем выполненных экспериментов внушает уважение. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации. Опубликованные статьи в достаточной степени отражают суть и основные результаты работы.

Оппонент, как сотрудник Института гидродинамики СО РАН, особо отмечает хорошее понимание диссертантом гидродинамических закономерностей протекающих процессов. Кроме того, работа отличается аккуратностью оформления, прекрасным исполнением рисунков и хорошим литературным языком.

Диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и «Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 355 от 21 апреля 2016 г. Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой определен механизм распространения детонации по высокометаллизированным составам на основе дисперсного алюминия, твердого окислителя перхлората аммония и нитрометана и предложен новый метод организации направленного

подводного взрыва, обеспечивающий максимальное вовлечение в реакцию с водой избыточного алюминия, содержащегося в составе. Полученные автором результаты закладывают научные основы знаний о высокометаллизированных составах, способных существенно увеличивать параметры подводного взрыва. Автор диссертации Басакина Светлана Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Главный научный сотрудник
лаборатории физики взрыва
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института гидродинамики
им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения
Российской академии наук (ИГиЛ СО РАН),
д.ф.-м.н., доцент

 А.П. Ершов

Подпись г.н.с. Ершова А.П. заверяю:
Ученый секретарь ИГиЛ СО РАН
к.ф.-м.н.



 А.К. Хе

19 февраля 2024 года

Адрес: 630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 15

Тел.: +7(383) 333-32-49

E-mail: ers@hydro.nsc.ru