

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Фомина Павла Аркадьевича “Моделирование взрывных и детонационных течений в многофазных средах с химическими реакциями”, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Актуальность представленной работы обусловлена необходимостью построения теории взрыва и детонации газовых и газожидкостных систем, что включает в себя разработку физико-математических моделей, исследование механизмов рассматриваемых явлений, расчет области существования, параметров и структуры взрывных и детонационных течений, решение вопросов взрывобезопасности, определение возможности технического использования рассматриваемых процессов. Чтобы успешно решать проблемы такого рода необходимо, с одной стороны, построение комплекса обобщенных моделей для описания химических превращений в газовых, газожидкостных и газопылевых смесях. С другой стороны, проведение целого комплекса экспериментальных и численных исследований для подтверждения достоверности разработанных моделей с точки зрения их адекватности с реальными физическими процессами.

Оценивая представленную работу с этих позиций, можно отметить, что поставленные цели решены и предложенные автором диссертационной работы модели обладают уникальной совокупностью свойств, чем и объясняется их широкое и успешное использование, как соискателем в рамках диссертации при моделировании газовой, газожидкостной и газопылевой детонации, так и другими исследователями для решения научных и инженерных задач.

Достоверность результатов, приведенных в работе, не вызывает сомнений. В диссертации используется строгий математический аппарат, предлагаемые методы и алгоритмы апробированы на практике. Достоинством предложенных моделей газокапельной, газопленочной детонации, взрыва и детонации пузырьковых систем является учет совместного влияния межфазного массообмена, динамики двухфазных сред и химических реакций на параметры, структуру и область существования волны. Это позволило обеспечить недоступную ранее высокую точность расчетов, расширить диапазон рассматриваемых систем по их химическому составу и фазовому состоянию.

Получен ряд результатов, существенно расширяющих диапазон знаний о взрыве и детонации пузырьковых жидкостей. Зарегистрирован эффект инициирования взрыва пузырьков преломленными ударными волнами, предсказано существование ранее неизвестных режимов распространения пузырьковой детонации со скачком давления на переднем фронте, предложена концепция акустического аналога лазерных систем.

Показана принципиальная возможность конденсации паров горючего при адиабатическом сжатии и нагреве газовой и пузырьковой систем ударными волнами, что имеет прямое отношение к решению вопросов обеспечения взрывобезопасности и расчету параметров и структуры ударно-волновых, взрывных

и детонационных течений соответствующих смесей. Например, эффект конденсации паров за фронтом ударной волны, распространяющейся по газовой смеси, необходимо учитывать при расчете параметров ударных волн, генерируемых детонацией облаков горючих газов, образующихся при аварийных утечках тяжелых газообразных или жидких углеводородов.

Непосредственное отношение к обеспечению детонационной безопасности угольных шахт имеет выполненное в работе моделирование ослабления и подавления волны газовой детонации облаком химически инертных частиц. Предложены алгоритмы оценки минимальной концентрации твердой фазы, обеспечивающей успешное подавление детонации, и предела распространения детонационной волны в зависимости от химического состава газа и массовой концентрации частиц в смеси. Они основаны на расчете параметров волны Чепмена-Жуге и критериях подавления детонации (как новых, так и предложенных в работе). Расчет параметров детонации выполнен с использованием предложенной в диссертации модели химического равновесия в смеси газа с химически инертными микрочастицами. Определены критерии подавления волны, обеспечивающие наилучшее соответствие расчетов эксперименту. Помимо собственно гашения волны, впервые рассмотрено так называемое полное подавление, когда гасится не только детонационная волна, но и прекращаются все химические превращения, что служит дополнительной гарантией отсутствия ре-инициирования волны после ее подавления. Из результатов работы следует, что эффективность ослабления и подавления газовой детонации химически инертной пылью растет при увеличении теплоемкости частиц. Результаты проведенного исследования подавления и ослабления волны уже использованы при анализе взрывобезопасности угольных шахт.

Практическая значимость проведенного исследования подтверждена использованием полученных результатов при решении прикладных задач: для моделирования ракетных двигателей, использующих пульсирующую и непрерывную детонацию, оценках взрывобезопасности пузырьковых и газок капельных систем, расчетах интенсивности ударных волн, порождаемых взрывами газообразных облаков, анализе метода подавления газовой детонации в шахтах облаком химически инертных частиц.

Полученные результаты опубликованы в трех монографиях и большом числе статей в ведущих научных журналах, рекомендованных ВАК, доложены на нескольких десятках представительных международных и всероссийских конференций.

По содержанию работы возникли некоторые вопросы.

1. В пятой главе приведены результаты расчетов параметров ДВ в газовых смесях с окислителями и частицами ряда веществ. Для расчета параметров гашения ДВ в выработках угольных шахт наибольший интерес представлял бы расчет с частицами CaCO_3 (инертная пыль, которая в основном, применяется для предупреждения и гашения взрывов в шахтах).

2. Возможно ли использование предложенных обобщенных моделей химических превращений для описания детонационного сгорания газовых сме-

сей и алгоритма подавления детонации частицами при наличии газообразного ингибитора?

В целом, судя по автореферату, можно сделать вывод, что, представленная диссертация является законченным научным исследованием по актуальной проблеме разработки общей концепции и создания Моделей взрывных и детонационных течений в многофазных средах с химическими реакциями, которые целесообразно использовать как в практике научных исследований так и при анализе реальных физических процессов, происходящих на промышленных предприятиях. Полученные в диссертации результаты представляют большой интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения. Они являются новыми, хорошо обоснованными с современной точки зрения. Сделан существенный шаг в разработке теории построения модели взрыва и детонации в многофазных средах.

Диссертация “Моделирование взрывных и детонационных течений в многофазных средах с химическими реакциями” в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (п. 9 “Положения о присуждении ученых степеней”, принятых Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор Фомин Павел Аркадьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

д.т.н., профессор
ООО “Горный ЦОТ”
650002 г. Кемерово, ул.
Сосновый бульвар, 1 (Куз-
басский технопарк).
телефон: +7 906 923 63 77
электронная почта:
atrubitsyn@rambler.ru
сайт организации:
http://indsafe.ru/about_us.html

Трубицын А. А.

26 февраля 2020 г.

Подпись Трубицына Анатолия Александровича заверяю:

заштемпилить директором персоналу ООО "Горный ЦОТ"
А.В. Краснечков
26.02.2020
УВ