

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

Диссертационного совета Д 003.053.01 при ИТ СО РАН о диссертационной работе Фомина Павла Аркадьевича «Моделирование взрывных и детонационных течений в многофазных средах с химическими реакциями», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

1. Диссертационная работа выполнена в лаборатории газовой детонации Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН.

Диссертация посвящена решению двух взаимосвязанных проблем:

- разработке физико-математических моделей взрывных и детонационных течений в двухфазных газожидкостных и газопылевых смесях;
- моделированию газофазных химических превращений, в том числе с учетом межфазного массообмена.

2. Основное содержание исследований и полученные в работе результаты:

а) Проведено моделирование химических превращений в газовых смесях и газофазных реакций в газожидкостных и газопылевых смесях:

- предложены и верифицированы обобщенные модели химического равновесия: в газовых смесях; в газожидкостных смесях при наличии межфазного массообмена; в газопылевых смесях химически реагирующих газов с химически инертными микрочастицами; сделана оценка характерного времени восстановления химического равновесия в газовых смесях.

- разработаны и верифицированы обобщенные модели химической кинетики детонационного сгорания: однотопливных газовых смесей; водородо-кислородных газовых смесей с добавками монотоплив; многотопливных газовых смесей.

б) Выполнено моделирование детонационных процессов в газокапельных и газопленочных смесях: предложены и верифицированы модели стационарной гетерогенной детонации в газокапельной среде и системе газ-пленка, учитывающие влияние межфазного массообмена и сдвига химического равновесия на параметры и структуру волны.

в) Проведено исследование взрывных и детонационных процессов в химически активных пузырьковых смесях:

- показана возможность инициирования предварительно сжатых пузырьков преломленными ударными волнами.

- предложены модели ударно-волновой динамики и взрыва одиночных пузырьков и волны пузырьковой детонации, построенные с учетом механического перемешивания фаз и сдвига химического равновесия и применимые для систем, в которых горючее и окислитель первоначально находятся как в одной, так и в разных фазах, гибридных систем и пузырьковых систем на основе жидких монотоплив;

- выполнен расчет области существования волны пузырьковой детонации в зависимости от начального химического состава газовой фазы и объемной доли пузырьков в двухфазной смеси;

- предсказано и получено в расчетах существование детонационных структур в пузырьковых средах со скачкообразным ростом давления на переднем фронте, распространяющемся со сверхзвуковой (относительно замороженной по физическим процессам скорости звука) скоростью;

- предложена концепция источника мощных периодических акустических сигналов в жидкости (акустического «лазера») на основе многократного прохождения детонационной волны по пузырьковой смеси на основе жидкого монотоплива.

г) Выполнено моделирование конденсационных процессов в ударно-волновых процессах в газовых и газожидкостных смесях и их влияния на взрывобезопасность:

- показана принципиальная возможность конденсации паров тяжелого углеводородного горючего за фронтом ударной волны, распространяющейся по переобогащенной горючим газовой смеси; проанализировано влияние данного эффекта на взрывоопасность газовой смеси; сделана оценка характерного времени конденсации;

- показана принципиальная возможность конденсации паров тяжелого углеводородного горючего при сжатии и нагреве газа в пузырьке за фронтом ударной волны, распространяющейся по жидкости; показано влияние данного эффекта на взрывоопасность газа в пузырьке; сделана оценка характерного времени конденсации и выполнен расчет взрывных пределов пузырька.

д) Проанализирован способ ослабления и гашения волны газовой детонации облаком химически инертных микрочастиц: определены термодинамические параметры частиц, обеспечивающие наиболее эффективное ослабление и подавление волны.

3. Рассмотрев содержание диссертации и автореферата, комиссия пришла к выводу, что тема диссертации, а также ее содержание соответствуют научной специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, физико-математическим наукам.

Список публикаций по теме диссертации включает 46 статей в рецензируемых научных журналах (36 из них входят в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК), 7 статей в рецензируемых сборниках

научных статей, 3 монографии, 1 патент и 46 полномасштабных трудов научных конференций.

Основные результаты работы представлялись на 11 всероссийских и 19 международных конференциях и симпозиумах. Комиссия считает, что представленные соискателем ученой степени материалы диссертации в полной мере опубликованы в научных рецензируемых изданиях. Требования к публикациям, предусмотренные пунктами 11, 13 «Положения о присуждении ученых степеней» соблюдены.

При анализе личного вклада соискателя в работу комиссия установила следующее.

Глава 1. Моделирование кинетики детонационного сгорания газовых смесей и детонации в системе газ-пленка сделаны соискателем лично. Модели химического равновесия в газовых и гетерогенных смесях и модель газопленочной детонации разработаны П.А. Фоминым в соавторстве, соискателю принадлежит участие в постановке задач, вывод всех формул и математические расчеты.

Глава 2. Лично соискателю принадлежат: модель ударно-волновой динамики и взрыва пузырьков в углеводородо-кислородных системах с предварительно перемешанными фазами и гибридных пузырьковых системах, обнаружение инициирования пузырьков преломленными ударными волнами, обнаружение (и расчет областей существования) сверхзвуковых (по замороженной скорости звука) детонационных режимов, концепции многократных взрывных процессов в пузырьках и акустического лазера на основе пузырьковых систем с монотопливом в качестве жидкой компоненты.

Расчет динамики и взрыва пузырьков в водородо-кислородных пузырьковых смесях и параметров, структуры и пределов волны пузырьковой детонации выполнен П.А. Фоминым в соавторстве, соискателю принадлежал алгоритм описания химических превращений, в том числе при наличии межфазного массообмена.

Главы 3, 4 и 5. Исследование конденсационных процессов при ударно-волновом нагружении газовых (Глава 3) и пузырьковых (Глава 4) систем, моделирование подавления волны газовой детонации инертными частицами (Глава 5) выполнены П.А. Фоминым лично.

Материалы других авторов, использованные в диссертации Фомина П.А., во всех случаях содержат ссылку на источник и удовлетворяют требованиям пункта 14 «Положения о присуждении ученых степеней».

Экспертная комиссия рекомендует принять к защите диссертационную работу Фомина П.А. «Моделирование взрывных и детонационных течений в многофазных средах с химическими реакциями» по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и

Марчук И.В.