

## ОТЗЫВ

официального оппонента Маркова Владимира Васильевича на диссертационную работу Бивола Григория Юрьевича «Влияние геометрии канала и покрытия стенок на распространение детонационных волн», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

В диссертации Бивола Г.Ю. представлены результаты экспериментального исследования особенностей поведения газовой детонации при ее распространении в каналах различной формы и в каналах с пористыми поверхностями стенок.

Актуальность исследования детонации смесей водорода с воздухом определяется потребностью контролирования процессов воспламенения и горения больших объемов смесей в открытом пространстве и в промышленных установках, на транспортных и газовых станциях. Водород, являясь одним из наиболее перспективных видов экологически чистого топлива, вместе с тем весьма взрывоопасен. Управление процессом сжигания топлива в режиме детонации актуально в связи его реализацией в перспективных реактивных двигателях, а также в технологиях напыления материалов с высокой температурой плавления, позволяющих увеличить производительность и качество напыления. Актуальность исследования процессов горения ацетилена, широко используемого как в научных исследованиях, так и в технологических процессах, в частности, связана и с вопросами экологии, поскольку при сжигании ацетилена в энергетических установках могут образовываться твердые продукты пиролиза.

Научная новизна диссертации в том, что: экспериментально определены условия, когда при распаде детонационной волны после выхода в более широкий канал может произойти двукратное повышение давления по сравнению с давлением детонации Чепмена-Жуге после прохождения волны через сужение канала; установлено, что восстановление волны детонации после выхода из секции с пористыми стенками возможно, если скорость фронта пламени превышает скорость звука в продуктах детонации; обнаружены три режима распространения детонации в ацетилено-воздушной смеси в канале субкритического диаметра.

Научная значимость диссертационной работы заключается в расширении знаний о детонационных волнах в каналах переменного

поперечного сечения и в каналах со стенками, покрытыми пористым материалом. Полученные автором экспериментальные данные могут использоваться для совершенствования математических моделей реагирующих течений газовых смесей, кинетики горения и тестирования численных методов исследования.

Практическая значимость заключается в разработке методов ослабления детонационной волны в газах с помощью пористых покрытий на стенке, разработке способов повышения эффективности детонационного горения и определении критических параметров канала, где может возникнуть детонация. Представленные в работе результаты могут быть использованы в НИИ механики МГУ, МИАН, НИЯУ МИФИ, ЦИАМ, НИЦ «Курчатовский институт», ОИВТ РАН, ИХФ РАН.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на международных и российских конференциях, симпозиумах и семинаре ОИВТ РАН. Полученные данные не противоречат результатам других научных групп. Содержание автореферата диссертации соответствует основным положениям и выводам, изложенным в диссертации.

Материалы диссертации достаточно полно изложены в печати. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 25 печатных изданиях, 10 из которых в журналах, рекомендованных ВАК, 15 – в сборниках тезисов и трудах конференций.

Личный вклад автора заключается в создании экспериментальной установки, отладке диагностической аппаратуры для получения необходимых данных, создании алгоритмов обработки данных, доработке методики экспериментального изучения детонационных волн. Все экспериментальные результаты получены при определяющем участии автора.

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы, изложена на 106 страницах, содержит 60 рисунков, 7 таблиц и библиографию из 88 наименований.

Во введении дано убедительное обоснование актуальности темы диссертации, научной новизны, научной и практической значимости работы, четко определены цели, задачи исследования, сформулированы выносимые на защиту положения.

В первой главе диссертации представлены результаты экспериментов по формированию пересжатой волны детонации в метано-кислородных

смесях в канале переменного сечения. Приведены полученные в экспериментах пространственно-временные диаграммы распада детонационной волны на ударную волну и фронт пламени в расширяющемся канале, а также данные по установленным условиям, при которых происходит распад с последующим усилением детонации до параметров, превосходящих параметры волны Чепмена-Жуге.

Во второй главе приведены результаты экспериментального исследования детонации водородно-воздушной смеси в каналах круглого сечения с пористыми покрытиями на стенках. Представлены данные, о влиянии толщины пористого слоя на параметры прошедшей вдоль него детонационной волны, позволившие выявить три различных режима распространения детонации в зависимости от толщины слоя и состава смеси, характеризующиеся сохранением детонации, ее восстановлением после временного разрушения и полным распадом детонационной волны в результате воздействия пористого материала на течение за ее фронтом.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию процесса распада детонации водородно-воздушной смеси в каналах прямоугольного сечения с твердыми стенками, покрытыми пористой стальной ватой или пенополиуретаном как с открытыми порами, так и непроницаемой пленкой на поверхности. Представлены новые данные о влиянии свойств пористого материала на распространение и распад детонации, о механизмах распространения детонации в канале с различными материалами на стенке. Приведено сравнение параметров детонационных волн в каналах с пористыми покрытиями и в обычном канале, в котором реализуется самоподдерживающаяся детонация.

В четвертой главе приведены результаты экспериментального исследования детонации ацетилено-воздушной смеси в узких каналах. В главе приведен безразмерный критерий, определяющий режим распространения фронта пламени, который представляет собой отношение поперечного размера канала к ширине детонационной ячейки.

В заключении сформулированы основные выводы работы.

В качестве замечаний по диссертации следует отметить:

1. Не приведены полученные автором следовые картины многофронтной детонации.
2. Опечатки в тексте.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Работа выполнена на высоком научном уровне, полученные результаты являются новыми и оригинальными. Выводы достаточно обоснованы. Уровень изложения диссертации, совокупность представленных оригинальных результатов и сформулированных выводов удовлетворяют требованиям ВАК РФ. Диссертация соответствует требованиям пункта 9, «Положения о порядке присуждения 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 №1024 от 28 августа 2017 года, и является научно-квалификационной работой, а ее автор Бивол Григорий Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук по специальности 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы, ведущий научный сотрудник отдела механики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова РАН

Подпись В.В. Маркова



П. А. Яськов  
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ МИАН



Марков В.В.

«6» декабрь 2018 г.