

ОТЗЫВ

официального оппонента,

на диссертационную работу Смирновой Ирины Викторовны «Неустойчивое распространение пламени в плоском узком канале», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация И. В. Смирновой посвящена изучению распространения пламени в узких каналах плоской геометрии. Исследования ламинарных пламен, изучение закономерностей их распространения, устойчивости, взаимодействия с границами вызывают неизменный интерес исследователей, поскольку именно ламинарное пламя позволяет выявить и детально изучить фундаментальные процессы, протекающие в системах с горением, характеризующиеся наличием сильных нелинейностей и обратных связей. С другой стороны, изучение ламинарных пламен имеет важные практические приложения, включая создание микроустройств (топливных элементов, микродвигателей), основанных на принципах горения, а также может представлять интерес с точки зрения задач пожаровзрывобезопасности. Поэтому тема диссертационной работы является **актуальной**. Отметим также, что автором исследовано горение в узких плоских каналах с сильно различающимися геометрическими размерами, которые изучены в гораздо меньшей степени, чем классическое горение в трубах.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во **введении** автором показана актуальность исследования выбранного научного направления, сформулированы цели работы, предмет исследования и научная новизна, перечислены основные положения, выносимые на защиту. Общий объем диссертации составляет 126 страниц, список цитированной литературы насчитывает 94 источника, изложение сопровождается богатым иллюстративным материалом, насчитывающим 37 рисунков.

Первая глава диссертации представляет собой обзор литературы по теме исследования – гидродинамике и тепломассопереносу при распространении пламени в узких каналах. Отмечено, что спиновый характер горения достаточно подробно изучен в твердотельных системах (СВС) и при детонации в трубах, и

значительно меньше известно о спиновом распространении ламинарных пламен. Рассмотрены типы неустойчивости пламен, проанализированы их проявления, приводящие к возникновению спинового горения, отмечена существенная роль взаимодействия с границами канала. Обзор является достаточно подробным и отражает современное состояние проблемы; на основе проведенного анализа сформулированы цели исследований диссертационной работы.

Во второй главе диссертации подробно описана методика проведения экспериментальных исследований, приведена схема экспериментальной установки, основным элементом которой является открытая щель между двумя плоскими или криволинейными поверхностями, либо длинный плоский канал прямоугольного сечения. Эволюция и структура пламени фиксировались при помощи видеосъемки с последующей фотометрической обработкой, скорость потока определялась при помощи сканирующего лазерного измерителя. Эксперименты проводились при горении пропановоздушных смесей различного состава для четырех конфигураций пламени – кругового фронта, распространяющегося по однородной смеси, распространения пламени по стратифицированной смеси, проникновения пламени через отверстие и горения в плоском канале переменного сечения.

Третья глава посвящена изложению полученных экспериментальных результатов. Качественное описание наблюдаемых изменений в структуре пламени (потеря устойчивости, переход к спиновому горению) сопровождается количественными данными по скорости распространения пламени, зависимости длины волны возмущения от числа Пекле, характеристикам спинового горения (координаты и угла поворота для ведущей точки), скорости распространения пламени в канале типа «диффузор–конфузор». Представленные в диссертации данные по распространению пламени по стратифицированной смеси носят в основном описательный характер. Экспериментально получены эффекты сворачивания фронта пламени в спиральную ленту, исследовано формирование турбулентной струи при прохождении пламени через отверстие в преграде. Приведены данные по изменению коэффициента теплоотдачи при переходе к спиновому режиму горения.

Наконец, **четвертая глава** диссертации посвящена обобщению полученных результатов и объяснению физических механизмов формирования спинового

пламени. Важное значение имеет обработка результатов в безразмерных переменных, представленная на рис. 4.3 и 4.5, позволившая выделить области реализации различных режимов распространения пламени в узкой щели и в канале, а также проведенный анализ критических условий возникновения и развития диффузионно-тепловой неустойчивости пламени, приводящей к возникновению исследованных в диссертации явлений.

В **заключительной** части диссертации сформулированы выводы по результатам проведенного исследования.

По диссертации можно высказать следующие **замечания**:

1. Описание вихревых течений, порождаемых пламенем (скручивание пламени, спиральное течение за ядром спина) следовало сопроводить схемами, проясняющими направление и завихренность течения, поскольку они не очевидны из статических изображений (кадров кино съемки), а течение, несмотря на близость геометрии к двумерной, носит трехмерный характер.
2. В разделе 3.2.2 сказано, что исследовано взаимодействие двух распространяющихся навстречу фронтов пламени, однако дальнейшие результаты приведены только для центрального зажигания, либо прохождения фронта пламени от одного конца канала к другому (рис. 3.16–3.18).
3. Хотелось бы пожелать автору больше внимания уделять специализированным журналам по горению (например, Физика горения и взрыва, Combustion and Flame), для аудитории которых полученные результаты представляют несомненный интерес.

Сделанные замечания не изменяют общей положительной оценки работы. Диссертация Ирины Викторовны Смирновой является самостоятельным цельным теоретическим исследованием, выполненным на высоком научном уровне. Постановки задач отличаются ясным физическим смыслом, **достоверность результатов и выводов** работы обусловлена **обоснованностью** применяемых экспериментальных методов, учитывающих специфику рассматриваемого круга задач, физическим анализом полученных результатов и сравнением с данными

других авторов. Полученные экспериментальные результаты и предложенные обобщения обладают несомненной **новизной**, а также имеют высокое **практическое значение**. Полученные результаты, несомненно, будут востребованы научным сообществом, занимающимся прямым численным моделированием горения, в особенности ламинарных пламен.

Основные положения диссертации опубликованы в научных журналах (в том числе 5 – в журналах, входящих в Перечень ведущих периодических изданий ВАК), трудах российских конференций. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Считаю, что **диссертационная работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, И. В. Смирнова, заслуживает присвоения искомой степени по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.**

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник

Лаборатории термогазодинамики и горения

ФГБУН Института проблем механики им А.Ю.Ишлинского РАН
(ИПМех РАН)

С. Е. Якуш

28.05.2014

Подпись д.ф.-м.н. С.Е.Якуша заверяю:

Ученый секретарь ИПМех РАН,
к.ф.-м.н.



Е. Я. Сысоева