

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Смирновой Ирины Викторовны "*Неустойчивое распространение пламени в плоском узком канале*", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

В диссертационной работе Смирновой Ирины Викторовны рассмотрен круг задач, связанный с исследованием распространения пламени, образующемся в результате воспламенения пропано-воздушной смеси в плоском узком канале, и сопровождающих процесс горения эффектов распада целостного фронта пламени. В настоящее время в мире ведутся разработки микрокамер сгорания с целью повышения КПД энергетических установок. Рассмотренный в диссертационной работе феномен спинового фронта пламени может быть применен для управления процессами теплообмена в камерах сгорания и проектированию более эффективных систем зажигания в двигателях внутреннего сгорания.

Таким образом, тема диссертационной работы Смирновой Ирины Викторовны является важной и **актуальной, как с практической**, так и с фундаментальной точки зрения.

Диссертационная работа Смирновой И.В. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. Работа содержит 126 страниц, 37 рисунков, список литературы из 94 наименований.

Целью работы является экспериментальное определение условий сохранения целостного фронта пламени, распространяющегося в узком канале по покоящейся пропано-воздушной смеси, получении новых сведений о гидродинамических и теплофизических эффектах, возникающих при одновременном влиянии параметров, определяющих многообразие воздействий на фронт пламени, которыми для фронта пламени, распространяющегося по покоящейся пропано-воздушной смеси, являются: форма и размеры канала, скорость и ускорение фронта пламени, преграды в канале, концентрация горючей компоненты в смеси и т.д.

Научная новизна результатов диссертационной работы Смирновой И.В. заключается в следующем: предложены новые экспериментальные методы диагностики структуры пламени и осуществления распада фронта пламени; экспериментально определена область существования спинового фронта пламени в зависимости от безразмерных координат и критериев подобия; установлено, что с изменением определяющих параметров эксперимента можно управлять различными режимами спинового горения; определено, что при переходе к спиновому режиму горения уменьшается скорость распространения пламени в 2-3 раза; показано, что выбор преимущественных направлений распространения фронта пламени определяется локальным изменением температуры и концентрации компонент горючей

смеси вблизи фронта пламени; установлено наличие эффекта «дифракции» фронта пламени на отверстии в преграде, моделирующего механизм формирования ядра спина; разработан физический механизм формирования спина из возмущения фронта пламени, заключающийся в изменении скорости теплоотдачи в стенку канала; определено, что при уменьшении расстояния между стенками щели происходит формирование ядра спина, которое сопровождается уменьшением температуры в ведущей точке фронта пламени.

Основные научные результаты, полученные лично соискателем:

1. Разработана методика комплексного изучения гидродинамических и теплофизических явлений, происходящих при распространении фронта пламени в узком канале и стратифицированной пропано-воздушной смеси, созданы экспериментальные установки для проведения исследований.
2. Апробирован оригинальный метод цифровой обработки плоских изображений фронта пламени.
3. Разработан и апробирован оригинальный метод сканирующего лазерного луча для измерения коэффициента теплоотдачи при распространении пламени в узкой щели в диапазоне видимых скоростей фронта пламени от 0,10 м/с до 1,5 м/с.
4. Получены области устойчивости фронта пламени в узкой щели при изменении безразмерных критериев Пекле и Льюиса. Выделены области неустойчивости пламени к мелкомасштабным возмущениям, формирования ядер спина, формирования «усов», колебательной неустойчивости и турбулизации.
5. Найдены режимы распространения фронта пламени в координатах чисел Пекле и приведенной длины канала. Выделены области спинового фронта пламени, «скручивания» фронта, устойчивости и вибрационного распространения.
6. Показано, что управляющими физическими механизмами формирования спинового фронта пламени являются изменение скорости диффузии и теплоотдачи. Критические условия теплообмена пламени со стенками канала связаны с изменением формы и размеров канала.
7. Установлено, что формирование спинового фронта пламени при распространении в узком канале сопровождается эффектом «дифракции» фронта пламени на отверстии в преграде и эффектом «скручивания» фронта пламени в винтовую поверхность.
8. Исследовано изменение скорости теплообмена пламени со стенками канала при распаде кругового фронта. Также показано, что коэффициент теплоотдачи при формировании спинового фронта пламени возрастает более, чем на 20%.

Практическое значение работы заключается в возможности использования полученных результатов для разработки более эффективных горелочных, теплообменных устройств и новых типов двигателей внутреннего сгорания с высоким коэффициентом сжатия. Установленные закономерности дополняют представления о потере устойчивости

симметричного фронта пламени. Предложенные в диссертационной работе оригинальные методы диагностики могут применяться для широкого круга задач, связанных с горением и теплообменом в ограниченном пространстве.

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректностью постановки задачи, хорошей повторяемостью результатов экспериментов, а также сравнением полученных результатов между собой и с результатами, полученными другими авторами.

Таким образом, результаты исследований, представленные в рецензируемой диссертации можно квалифицировать как законченное **решение имеющей важное научно-практическое значение задачи** связанной с исследованием распространения пламени в узком канале.

Полнота изложения материалов диссертации **достаточно высока**. По теме диссертационного исследования **опубликовано 10** научных работ, в том числе 5 статей в рецензируемых журналах. Результаты диссертационной работы неоднократно **докладывались** на Российских и Международных конференциях.

Содержание автореферата **соответствует** основным положениям диссертации.

Следует отметить, что наряду с достоинствами рецензируемая работа имеет следующие **недостатки**:

1. Стр. 48: *«...использовали метод открытого затвора фотокамеры с длительностью экспозиции, превышающей время распространения пламени в канале. Это позволило получить временные развертки процесса «роста-гибели» мелкомасштабных возмущений»*. Данная формулировка требует дополнительных пояснений, т.к. съемка с временем экспозиции, превышающим время распространения пламени, не может дать детализированную картину явления в разные моменты времени.
2. Стр. 50, формула (2.3) получена из закона Стефана-Больцмана, однако, в ней неправомерно опущен коэффициент излучения. Данное выражение справедливо для абсолютно черного тела (АЧТ), но коэффициент излучения пламени может существенно отличаться от 1 в разных спектральных интервалах. Также следует заметить, что спектр излучения пламени существенно отличается от спектра излучения АЧТ и в общем случае применять законы, свойственные АЧТ, для пламени некорректно. Применение закона Стефана-Больцмана для излучения пламени возможно лишь с рядом допущений в некоторых узких спектральных интервалах с учетом соответствующей величины коэффициента излучения.
3. Стр. 59, второй абзац сверху: *«Схема вытекания тяжелого горючего газа из открытого конца вертикально расположенного узкого канала показана на рис. 2.3»*. На рис. 2.3 показана схема экспериментальной установки.
4. Стр. 112: Утверждение, что при применении закона Стефана-Больцмана для АЧТ *«фотометрическое изображение фронта пламени может быть использовано с большой*

точностью для расчета мгновенных пространственных распределений температуры» является спорным и требует подробного обоснования, т.к. спектр излучения пламени (как было указано в замечании 2) существенно отличается от спектра АЧТ, что будет давать значительную ошибку в результатах.

5. Стр. 112: «...измерения температуры, сделанные с помощью тепловизора, приводят к тому же результату». Это утверждение требует пояснения каким тепловизором, в каком спектральном интервале, с какой частотой съемки и с каким коэффициентом излучения производились измерения, т.к. измерение температуры в пламени при помощи тепловизоров требует правильного выбора коэффициента излучения пламени, спектрального интервала, достаточной «скорострельности» тепловизора, что позволяет делать достаточно узкий круг дорогостоящих тепловизоров с охлаждаемой матрицей на основе InSb или МСТ и рабочим спектральным интервалом 2-5 мкм.
6. В тексте диссертации имеются опечатки и шероховатости стилистического плана, например, тавтология абзацев на стр. 48 и стр. 62.

Наличие описок и неточностей при оформлении работы ухудшают ее восприятие, но, в целом, не влияют на основные результаты, полученные в диссертации, и не изменяют её общую положительную оценку.

Несмотря на отмеченные недостатки, работа Смирновой Ирины Викторовны удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Методы исследования и полученные автором результаты свидетельствуют о высокой квалификации соискателя. Считаю, что Смирнова Ирина Викторовна заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Доцент кафедры физической и
вычислительной механики
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
д.ф.-м.н.



Лобода Е.Л.

26.05.2014 г.

