

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Толстогузова Романа Владимировича
«Экспериментальное исследование структуры импактной струи с закруткой и горением»
по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Горение пламени в непосредственной близости от поверхности нагреваемых объектов или вблизи элементов камер сгорания двигателей часто реализуется на практике. При этом близость с холодной поверхностью, температура которой значительно ниже температуры пламени, может оказывать большое влияние на процесс горения ввиду отвода тепла, а также вследствие влияния поверхностных химических реакций. Важно отметить, что при численном моделировании работы различных горелочных устройств или камер сгорания, как правило, используются упрощённые модели химических реакций, отлаженные для конфигураций свободно распространяющегося пламени или пламени вблизи горелки, но в условиях близкого к нулю отвода тепла.

Диссертационная работа Толстогузова Романа Владимировича посвящена экспериментальному исследованию влияния холодной металлической преграды на режимы горения и структуру потока струйных пламен, в том числе – с закруткой потока. Рассмотрена наиболее простая геометрия осесимметричной импактной струи, когда плоская металлическая преграда расположена перпендикулярно к оси симметрии. Закрутка потока реализована для организации безуносного горения «бедных» метано- и пропановоздушных смесей со значительным избытком воздуха при больших числах Рейнольдса. Для исследования структуры потоков с горением были использованы панорамные оптические методы – анемометрия по изображениям частиц и плоскостная лазерно-индуцированная флуоресценция (ПЛИФ).

Во время выполнения работы соискатель проявил себя самостоятельным исследователем, проанализировал обширный материал научной литературы, активно участвовал в постановке задач, проведении экспериментов, обработке данных, подготовке научных статей. Важно отметить, что с использованием доступных методов моделирования спектров флуоресценции гидроксильного радикала (ОН) соискатель разработал и верифицировал оригинальный подход для оценки поля температуры в продуктах горения пламени, что позволило получить новые количественные экспериментальные данные, необходимые для верификации математических моделей и программных реализаций (кодов) численного моделирования горения вблизи холодных преград.

В результате цикла экспериментальных работ, выполненных в ИТ СО РАН, были получены следующие основные научные результаты:

- Впервые показано, что даже для простейшей конфигурации прямоточной струи с горением при натекании горячих продуктов горения на холодную преграду вблизи лобовой точки импактной струи может возникать центральная зона рециркуляции, которая отсутствует в изотермическом случае. Образование данной застойной зоны вызвано областью повышенного давления в окрестности лобовой точки, где концентрируются и циркулируют охлажденные поверхностью преграды продукты горения. Данное явление подтверждено измерениями как поля скорости, так и поля температуры. Важно подчеркнуть, что обнаруженный эффект позволяет объяснить снижение локального теплообмена в окрестности лобовой точки, наблюдаемый в ряде экспериментальных работ других авторов.

- В результате серии экспериментов показано, что структура потока закрученных струй с горением крайне чувствительна к наличию преграды. В предыдущих исследованиях изотермических струй было установлено, что в случае сильной закрутки и

распада вихревого ядра структура и динамика потока в окрестности сопла слабо меняется при расположении преграды на расстоянии более чем полтора калибра. В работе Толстогузова Р.В. показано, что при горении ситуация является противоположной: при горении предварительно перемешанной смеси распад вихревого ядра струи вместо компактного пузыря принимает форму конуса, занимающего всю область между соплом горелки и преградой для расстояний между ними вплоть до трех калибров включительно.

- Также установлено, что наличие преграды может оказывать значительное влияние на особенности химического реагирования при турбулентном горении предварительно перемешанных смесей с закруткой потока. Ввиду охлаждения продуктов горения при контакте с холодной преградой, их температура в конусообразной зоне рециркуляции может значительно снижаться. Это приводит к тому, что вихревые структуры, обеспечивающие тепломассообмен между продуктами горения и поступающей из сопла свежей смесью, могут локально снижать устойчивость горения. В работе продемонстрировано возникновение в пульсациях скорости не наблюдавшейся ранее крупномасштабной когерентной структуры, которая в том числе обусловлена пульсациями тепловыделения в основании пламени. При этом данные пульсации являются в значительной степени коррелированными со снижением концентрации ОН в зоне рециркуляции вследствие нестационарного охлаждения продуктов горения и повышенной концентрацией несгоревших углеводородов в пристенной области. Подобные пульсации снижают эффективность сжигания топлива и повышают концентрацию вредных веществ в продуктах горения.

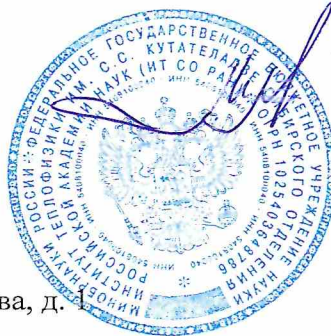
Полученные данные являются также важными для верификации математических моделей и программ, используемых для численного моделирования горения вблизи холодных преград. Обсуждение полученных в работе результатов на профильных международных и всероссийских конференциях и семинарах с ведущими специалистами, а также публикации в рейтинговых научных журналах позволяют сделать вывод о высоком научном уровне выполненной работы. Считаю, что диссертация Толстогузова Р.В. является завершенным научным исследованием на актуальную тему, содержит важные новые научные результаты, подтверждает высокую квалификацию соискателя в предметной области и соответствует критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней, а сам Толстогузов Роман Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Научный руководитель,
зав. лаб. Физических основ
энергетических технологий,
профессор РАН,
доктор физико-математических наук


Дулин Владимир Михайлович

Подпись Дулина В.М. заверяю
Ученый секретарь ИТ СО РАН
к.ф.-м.н. Макаров М.С.

ФГБУН Институт теплофизики
им. С.С. Кутателадзе СО РАН
Россия, 630090, г. Новосибирск
проспект Академика Лаврентьева, д.
телефон: +7(383)330-90-40
e-mail: director@itp.nsc.ru
<http://www.itp.nsc.ru>



 Макаров М.С.