

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Шаклеина Артема Андреевича «Численное исследование сопряженного теплопереноса при распространении турбулентного диффузионного пламени по поверхности горючего материала», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Актуальность темы. Постоянно развивающиеся теоретические методы исследования процессов, определяющих фундаментальные закономерности распространения пламени как движущей силы пожара, представляют собой современный эффективный инструмент для установления параметров пожара и, в конечном итоге, для их предотвращения, а также снижения их негативных последствий. В общем смысле, распространение пламени может протекать в самых разнообразных условиях, средах и конфигурациях. Так, одним из наиболее часто встречающихся случаев является распространение пламени по поверхности горючих полимерных материалов, поскольку они широко представлены в промышленных и бытовых условиях. Таким образом, рассматриваемая диссертационная работа, посвященная исследованию параметров теплообмена при распространении пламени – фундаментального процесса при возникновении и развитии пожара, безусловно является актуальной.

Общий анализ содержания диссертации производит впечатление последовательного и на высоком научном уровне проведенного исследования:

Во введении обоснована актуальность темы, поставлены цель и задачи исследования, сформулированы выносимые на защиту положения, показаны научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость.

Первая глава посвящена теоретическим аспектам описания исследуемого процесса распространения пламени по полимерному материалу. Приведен обзор математических моделей. Следует отметить вполне удачную попытку автора сформулировать модель, в равной степени учитывающую основные значимые протекающие при распространении пламени процессы: вихревое течение газа, газофазное горение, излучение, прогрев горючего материала, его термическое разложение и выделение газообразных горючих продуктов.

Во второй главе представлена методика численного решения уравнений сформулированной математической модели.

Третья глава посвящена верификации элементов математического аппарата на основе решения тестовых задач. Оцениваются модели турбулентности на задачах течения в канале и обтекания пластины. Результаты сравниваются с численными и экспериментальными данными. Также, оценивается методика решения сопряженной задачи теплопереноса в гетерофазной среде «газ-твердое тело».

В четвертой главе представлены результаты решения сопряженных задач распространения пламени по полимерному материалу. Исследовано влияние угла наклона на параметры процесса распространения пламени. Показано, что теплопередача излучением вносит существенный вклад в общий процесс передачи тепла от высокотемпературных продуктов сгорания в твердый материал. Проведено исследование влияния вихревых структур на параметры процесса распространения пламени.

Следует отметить, что одна из сильных сторон работы заключается в акцентировании исследований на процесс ускоряющегося распространения пламени вверх по вертикальной поверхности горючего материала (так называемый upward flame spread), который является наиболее опасным сценарием развития пожара. Далее, отмечу, что данный режим горения характеризуется определяющим влиянием вихревого характера течения на динамику фронта пожара, а решение задачи об оценке вклада турбулентного переноса приобретает ключевое значение при исследовании распространения пламени в данной конфигурации.

Научная новизна работы характеризуется следующими основными положениями:

- разработана комплексная математическая модель распространения пламени по поверхности полимерного горючего материала, учитывающая практически все значимые физические процессы: тепломассоперенос в газовой фазе и горючем материале, турбулентный характер течения, турбулентное диффузионное горение, теплообмен излучением, термическое разложение полимерного материала;
- постановка задачи реализована в сопряженной модели, что позволяет адекватно оценить параметры тепломассообмена при самоподдерживающемся режиме распространения пламени по поверхности горючего материала;

- проведен анализ и получена формулировка модели турбулентного переноса, обеспечивающей адекватное описание газодинамических и тепловых процессов как в области ядра потока, так и на поверхности горючего материала;
- на основании полученной количественной оценки показан существенный вклад лучистого теплопереноса в тепловой поток, поступающий из зоны газофазных реакций к поверхности горючего материала и определяющий скорость распространения пламени вверх по вертикальной поверхности;
- установлены переходная и турбулентная области течения реагирующего газа при распространении турбулентного диффузионного пламени вверх по вертикальной поверхности горючего материала, определены расположения области турбулентного течения газовой фазы и зоны пиролиза горючего материала, характеризующие влияние турбулентного течения на распространение пламени.

Достоверность результатов исследований, проведенных в диссертационной работе, подтверждается использованием фундаментальных законов сохранения, использованием апробированных методик численного решения, соответствием результатов расчетов известным теоретическим и экспериментальным данным.

Значимость результатов диссертационной работы для науки и практики. Создан универсальный алгоритм численного решения сопряженных задач теплообмена при распространении турбулентного диффузионного пламени по поверхности горючего материала. Предложенные соискателем методики расчета могут быть применены при выполнении научных исследований и проведении практических расчетов, связанных с определением параметров распространения пламени по поверхности горючего материала, проводимых академическими, образовательными, отраслевыми организациями.

По содержанию рассматриваемой диссертационной работы отмечаю следующие **замечания:**

1. Для реакции горения в пламени газовой фазы в работе рассмотрен кинетический режим (уравнение (1.40) на стр. 36 диссертации и уравнение (12) на стр. 10 автореферата). При этом не представлено обоснование использованных значений кинетических параметров (энергии активации и предэкспоненциального множителя), приведенных в таблице 4.1 на стр. 84 диссертации. Собственно, каким образом эти значения согласуются с представленной схемой макрореакции, представленной уравнениями (1.37)-

(1.38) на стр. 35 диссертации. Здесь же: в таблице 4.1 имеется опечатка при обозначении энергии активации.

2. В продолжение предыдущего замечания, хотя возможно, в меньшей степени, те же критические замечания касаются выбора кинетических характеристик термического разложения полимера для уравнения (1.57), стр. 44 диссертации, ((17) на стр. 10 автореферата).
3. Приведенные на рис. 4.16 на стр. 96 диссертации (он же на рис.7 на стр. 15 автореферата) данные расчетов по скорости распространения пламени сравниваются только с экспериментальными данными, тогда как имеются известные и широко используемые эмпирические соотношения (кстати, упомянутые автором на стр. 18 диссертации, уравнения (1.1)-(1.3)), сравнение с которыми позволило бы в полной мере оценить адекватность полученных результатов.
4. По мнению оппонента, недостатком изложения работы является чрезмерное внимание уделяемое описанию деталей математических моделей и вспомогательных тестовых результатов, тогда как анализ результатов касающихся непосредственно основной задачи исследования мог бы быть подробнее, особенно в части обобщений, позволяющих использовать разработанные подходы в случаях с другими исходными параметрами.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не противоречат ее основным положениям, полученным результатам и выводам.

Содержание автореферата в полной мере отражает содержание диссертации.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 22 научных работах, в том числе в 9 изданиях, рекомендованных ВАК, а также широко представлены на всероссийских и международных конференциях.

Заключение. Диссертационная работа Шаклеина А.А. «Численное исследование сопряженного тепломассопереноса при распространении турбулентного диффузионного пламени по поверхности горючего материала» является законченной научно-квалификационной работой, в которой последовательно и аргументированно излагается новая методика расчета процесса распространения пламени по поверхности полимерного горючего материала; основные положения и полученные результаты являются обоснованными и достоверными, отвечают необходимым критериям научной новизны и практической значимости и содержат решение задачи, имеющей существенное значение для теоретических исследований проблем пожаробезопасности.

Таким образом, рассмотренная диссертация соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Шаклеин Артем Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
(05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность)
профессор,
главный научный сотрудник,
отдел пожарной безопасности промышленных объектов,
технологий и моделирования техногенных аварий,
сектор пожарной безопасности промышленных объектов,
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский
институт противопожарной обороны» МЧС России,



Шебеко Юрий Николаевич

22.11.2016

143903, г. Балашиха, Московская область, мкр. ВНИИПО, 12,
+7 (495) 529-84-66,
yn_shebeko@mail.ru
<http://www.vniipo.ru/>

Подпись Ю.Н. Шебеко удостоверяю

Ученый секретарь
ФГБУ ВНИИПО МЧС России,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник



Е.Ю. Сушкина