

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Моисеевой Ксении Михайловны «Математическое моделирование процессов тепло- массопереноса при горении газовой смеси в химическом реакторе с инертной внутренней вставкой», представленную на соискание ученой степени **кандидата физико-математических наук** по специальности **01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника**

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Моисеевой К. М. «Математическое моделирование процессов тепло- массопереноса при горении газовой смеси в химическом реакторе с инертной внутренней вставкой» посвящена аналитическому и численному исследованию режимов горения газовых смесей в химических реакторах. Устойчивость режимов горения в различных горелочных устройствах зависит, помимо всего прочего, от процессов теплопереноса в системе. На процессы теплопереноса можно повлиять через внутренний теплоноситель, в роли которого может выступать пористый фильтрующий слой или инертная внутренняя вставка.

Анализ устойчивости режимов горения газовых смесей в реакторах актуален для задач промышленности и энергетики, где важно организовать максимально эффективное сжигание газовых смесей. Внутренний теплоноситель позволяет влиять на устойчивость работы химического реактора. Использование инертной вставки в качестве внутреннего теплоносителя может быть рассмотрено, как один из способов повышения эффективности сжигания газовых смесей.

Научная новизна работы

В диссертационной работе Моисеевой К. М. рассмотрена математическая модель реактора с инертной внутренней вставкой, показано влияние инертной вставки на устойчивость режимов работы химического реактора.

В работе определены области возможных режимов работы химического реактора в зависимости от безразмерных параметров течения и интенсивности теплообмена смеси на боковой поверхности реактора и поверхности инертного внутреннего тела. Показана возможность существования областей неединственности устанавливающегося режима горения, где выход на режим определяется начальным состоянием системы.

Рассмотрены способы зажигания и поддержания горения бедной метано-воздушной смеси в горелочном устройстве с внутренним теплоносителем, в роли которого может выступать инертная внутренняя вставка химического реактора или внутренняя стенка U-образной трубки

В двухмерной постановке задачи рассмотрено влияние радиуса реактора на возможность зажигания и поддержания горения газовых смесей. Для заданных параметров расчета определен диапазон значений радиуса реактора, в котором возможно организовать устойчивое горение газовых смесей.

Показана возможность организации колебательных режимов диффузионного горения метана в воздухе при интенсивном теплообмене газов с частично нагретой боковой поверхностью трубки горения.

Обоснованность и достоверность результатов работы

Обоснованность и достоверность результатов подтверждаются обоснованностью и корректностью постановок задач, проверкой аппроксимационной сходимости, сравнением с результатами других авторов.

Результаты работы опубликованы в 11 печатных работах, включая 3 статьи в рецензируемых научных журналах. Полученные результаты докладывались и обсуждались на 8 Международных и Всероссийских конференциях.

Практическая значимость результатов исследования

Результаты настоящей работы использовались при выполнении исследований в рамках гранта РФФИ и 3-х НИР кафедры. Разработанные пакеты программ для расчета режимов горения газовых смесей в горелочных устройствах могут быть использованы для численного исследования и разработки устройств для сжигания газовых смесей.

Характеристика содержания диссертационной работы

Во введении диссертационной работы обосновываются цели и задачи исследования, актуальность работы, положения, выносимые на защиту, обоснованность, достоверность, новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе диссертационной работы Моисеевой К. М. рассмотрены работы, посвященные исследованию режимов горения газовых смесей в химических реакторах и тонких трубках. Моисеева К. М. провела анализ работ, связанных с фильтрационным горением, и с влиянием процессов тепло- массопереноса на устойчивость горения смесей. В главе обоснованы постановки основных задач исследования, исходя из анализа научной литературы.

Во второй главе диссертации рассмотрена задача горения газовой смеси в реакторе идеального смешения с инертной внутренней вставкой. Проведено аналитическое исследование стационарных состояний системы в зависимости от безразмерных параметров системы. В главе аналитически определены 6 областей возможных режимов работы реактора идеального

смещения, включая области неединственности устанавливающегося состояния.

Результаты аналитического исследования подтверждаются численным интегрированием исходной задачи. В главе с помощью численного расчета показано, что присутствие инертной внутренней вставки может существенно изменить характер устанавливающегося режима горения.

В третьей главе рассмотрен проточный реактор с инертной внутренней вставкой и определены области возможных режимов горения. Показано, что изменение характеристик внутреннего теплоносителя приводит к изменению в распределении областей возможных режимов работы реактора. На примере задачи по зажиганию газовой смеси нагретой боковой поверхностью показано, что увеличение интенсивности теплообмена реакционной смеси на поверхности инертной вставки приводит к исчезновению или сокращению областей колебательных режимов работы реактора. Показано, что при зажигании инертной внутренней вставкой имеет место стабилизация колебательных режимов работы реактора.

В диссертации проанализированы способы инициирования и поддержания горения бедной метано-воздушной смеси. Основой для организации устойчивого горения является теплообмен газовой смеси с разогретым внутренним теплоносителем. В диссертационной работе показано, что при инициировании горения предварительно разогретой инертной вставкой, возможно организовать устойчивый процесс в численно определенном диапазоне безразмерных параметров течения и интенсивности теплообмена смеси на боковой поверхности реактора. Также в третьей главе рассмотрена задача по зажиганию и поддержанию горения бедной метано-воздушной смеси в U-образной трубке, где в качестве внутреннего теплоносителя выступает внутренняя стенка трубки. В диссертационной работе показано, что в случае инициирования горения предварительно разогретой внутренней стенкой становится возможным организовать устойчивое горение бедной смеси. Характерно, что максимальная температура смеси устанавливается в верхней части U-трубки, в то время как в нижней части трубки устанавливается монотонно убывающий профиль температуры смеси, близкий начальной температуре внутренней стенки. Определены диапазоны изменения безразмерных параметров течения и теплообмена смеси с внешней стенкой трубки, для которых возможно организовать устойчивое горение бедной метано-воздушной смеси.

В четвертой главе диссертационного исследования Моисеева К. М. рассмотрела двумерную постановку задачи горения реакционной смеси в проточном реакторе с инертной внутренней вставкой. В главе проведено численное исследование влияния радиуса реактора на устойчивость режимов горения газовой смеси. Показана возможность организации устойчивого горения в узком диапазоне значений радиуса реактора. В работе рассмотрены два случая инициирования процесса: зажигание боковой поверхностью реактора или инертной внутренней вставкой. Показано, что при зажигании инертной внутренней вставкой устойчивое горение возможно для более

узкого диапазона значений радиуса реактора, чем в случае зажигания реакционной смеси нагретой боковой поверхностью реактора.

В заключение диссертации сформулированы основные выводы по проведенному исследованию.

Замечания по работе

1. Приведенные в главах 2 и 3 математические формулировки задачи являются полными лишь при условии выполнения ряда предполагаемых, но явно не декларируемых автором допущений.

2. На стр. 30 диссертации сказано, что в литературе нет работ, которые учитывают одновременно и теплопотери через боковую стенку реактора и рекуперацию тепла за счет теплообмена с инертным телом. Это утверждение можно отнести только к модели в главе 2. Что касается проточного реактора с инертным телом, то такие работы выполнялись в научных школах ИХКиГ СО РАН (Бабкин В.С. и др.) и ИТМО НАНБ (Жданок С.А. и др.) Так в работах (Доброго КВ, Жданок СА Физика фильтрационного горения газов / Мн.: Ин-т тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАНБ, 2002, 203 с. ISBN 985-6456-29-0 и Футько СИ, Жданок СА Химия фильтрационного горения газов / Мн.: Бел. наука, 2004, 319 с. ISBN 985-08-0611-7) рассмотрены постановки проточного реактора с инертной засыпкой в виде шариков с учетом боковых теплопотерь. Математическая постановка в этих работах совпадает с постановкой диссертанта. К сожалению, отсутствует даже упоминание об этих работах, и тем более сравнение с их результатами.

3. Не понятно, зачем в работе представлена задача о диффузионном горении метана в потоке окислителя в п.4.2? В задаче отсутствует инертная вставка, поэтому она не соответствует названию диссертации.

Заключение

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки проделанной работы. Диссертационная работа Моисеевой К. М. является законченным научным исследованием, актуальным для современной теплофизики и теоретической теплотехники. Автореферат соответствует диссертации и достаточно полно отражает ее содержание. Диссертация соответствует специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, физико-математические науки, по области исследования «Теоретические исследования процессов совместного переноса тепла и массы в бинарных и многокомпонентных смесях веществ, включая химически реагирующие смеси».

Считаю, что диссертация Моисеевой К. М. «Математическое моделирование процессов тепло- массопереноса при горении газовой смеси в химическом реакторе с инертной внутренней вставкой» соответствует всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации Моисеева К. М.

заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Доктор физико-математических наук,
заведующий Отделом горения и взрыва
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт проблем
химической физики Российской академии наук
Адрес: 142432, Московская обл., Ногинский район,
г. Черноголовка, пр. Академика Семенова, д.1.
Рабочий телефон/факс 8(49652)21999
E-mail: sea@icp.ac.ru
Салганский Евгений Александрович


15.09.2014г.

Е.А. Салганский

Подпись Салганского Е.А. удостоверяю,
Ученый секретарь ИПХФ РАН
доктор химических наук





Б.Л. Психа