# XXXVI СИБИРСКИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ СЕМИНАР,

посвященный 70-летию академика РАН
Алексеенко Сергея Владимировича

5 – 7 октября 2020 г.
Новосибирск, Россия

НКТМ РАН

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

Сибирское отделение РАН Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления

Российский национальный комитет по тепломассообмену

Новосибирский государственный технический университет

ООО "ЗиО-КОТЭС"

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
с элементами научной школы для молодых ученых

# XXXVI СИБИРСКИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ СЕМИНАР,

посвящённый 70-летию академика
Алексеенко Сергея Владимировича

5–7 октября 2020 г.
Новосибирск, Россия

## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Новосибирск 2020

УДК 532:533:534:535:536:537

Сборник содержит доклады Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодых учёных XXXVI «Сибирский теплофизический семинар», посвящённой70-летию академика Алексеенко Сергея Владимировича, которая проводилась 5–7 октября 2020 года в Новосибирске. В сборнике представлены доклады по направлениям: турбулентные течения в однофазных средах, интенсификация теплообмена, процессы переноса при физико-химических превращениях, включая горение, гидродинамика, тепломассообмен и волновые процессы в многофазных средах, тепломассообмен при фазовых переходах, теплофизические проблемы энергетики, энергоэффективность и энергосбережение, теплофизика микро- и наносистем, процессы в разреженных газах и плазме, теплофизические свойства веществ и лучистый теплообмен, теплообмен и гидродинамика в технологических процессах, фундаментальные основы расчета и принципов построения энергетических систем, основанных на эффекте сверхпроводимости.

Мероприятие проведено при финансовой поддержке НИ НГУ.

**Председатель**
Маркович Д.М., академик РАН

**Заместители**
Куйбин П.А., д.ф.-м.н.
Наумов И.В., д.т.н., проф. РАН

**Учёные секретари**
Мулляджанов Р.И., д.ф.-м.н.
Литвинов И.В., к.ф.-м.н.
Чеверда В.В., к.ф.-м.н.

**Председатель технического комитета**
Бутаков Е.Б., к.т.н.

**Организационный комитет**
Бердников В.С., д.ф.-м.н.
Дулин В.М., д.ф.-м.н.
Елистратов С.Л., д.т.н.
Кабов О.А., д.ф.-м.н.
Кашинский О.Н., д.ф.-м.н.
Кузнецов В.В., д.ф.-м.н.
Лукашов В.В., к.т.н.
Макаров М.С., к.ф.-м.н.
Марчук И.В., д.ф.-м.н., проф. РАН
Низовцев М.И., д.т.н.
Новопашин С.А., д.ф.-м.н.
Окулов В.Л., д.ф.-м.н.
Павленко А.Н., чл.-корр. РАН
Пахомов М.А., д.ф.-м.н., проф. РАН
Предтеченский М.Р., академик РАН
Прибатурин Н.А., чл.-корр. РАН
Станкус С.В., д.ф.-м.н.
Терехов В.В., д.ф.-м.н., проф. РАН
Терехов В.И., д.т.н.
Федорук М.П., академик РАН
Чернов А.А., д.ф.-м.н., проф. РАН
Чиннов Е.А., д.ф.-м.н.
Шарыпов О.В., д.ф.-м.н.
Шторк С.И., д.ф.-м.н.
Яворский Н.И., д.ф.-м.н.
Ярыгин В.Н., д.т.н.

**Программный комитет**

**Сопредседатели**
Алексеенко С.В., академик РАН
Леонтьев А.И., академик РАН
Павленко А.Н., чл.-корр. РАН

Алифанов О.М., академик РАН
Байдаков В.Г., д.ф.-м.н.
Батаев А.А., д.т.н.
Большов Л.А., академик РАН
Бурдуков А.П., д.т.н.
Вараксин А.Ю., член-корр. РАН
Воропай Н.И., член-корр. РАН
Гешев П.И., д.ф.-м.н.
Гогонин И.И., д.т.н.
Горячева И.Г., академик РАН
Дедов А.В., член-корр. РАН
Драгунов Ю.Г., член-корр. РАН
Ерманюк Е.В., д.ф.-м.н.
Исаев С.А., д.ф.-м.н.
Кедринский В.К., д.ф.-м.н.
Клименко А.В., академик РАН
Козлов В.В., д.ф.-м.н.
Коротеев А.А., академик РАН
Левин В.А., академик РАН
Мессерле В.Е., д.т.н.
Мильман О.О., д.т.н.
Нигматулин Р.И., академик РАН
Пенязьков О.Г., академик НАНБ
Петреня Ю.К., член-корр. РАН
Покусаев Б.Г., член-корр. РАН
Пухначев В.В., член-корр. РАН
Ребров А.К., академик РАН
Рогалёв Н.Д., д.т.н.
Рудяк В.Я., д.ф.-м.н.
Саломатов В.В., д.т.н.
Сапожников С.З., д.т.н.
Смирнов Е.М., д.ф.-м.н.
Сон Э.Е., академик РАН
Стенников В.А., член-корр. РАН
Фаворский О.Н., академик РАН
Филиппов С.П., академик РАН
Фомин В.М., академик РАН
Фортов В.Е., академик РАН
Хомич В.Ю., академик РАН
Шиплюк А.Н., член-корр. РАН
Шмотин Ю.Н., д.т.н.
Jiang P.-X., Ph.D.
Markides C.N., Ph.D.
Sazhin S.S., Ph.D.
Travnicek Z., Ph.D.
Wang Q., Ph.D.
Wood D.H., Ph.D.

Издание сборника докладов производилось с авторских листов участников конференции.
За ошибки и опечатки авторов издательство ответственности не несёт.

ISBN 978-5-89017-066-8
© Институт теплофизики СО РАН, 2020

УДК 544.45

# ВЛИЯНИЕ СОСТАВА УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА СКОРОСТЬ ГОРЕНИЯ ГАЗОВЗВЕСИ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В ЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ

**Моисеева К.М., Крайнов А.Ю.**

Томский государственный университет,
634061, Россия, Томск, пр. Ленина, 36

Доклад является продолжением работы [1] и посвящен исследованию влияния состава газовзвеси угольной пыли на скорость распространении пламени угле-метано-воздушной смеси в замкнутом объеме. Постановка задачи основана на работе [1] и дополнена учетом выделения летучих компонентов из частиц. Основные предположения физико-математической модели представлены в [1], в качестве дополнительных предположений полагается, что частицы угольной пыли содержат летучие компоненты, процентное содержание компонентов равно $V^C$. Выход летучих компонентов из частиц задается реакцией первого порядка по закону Аррениуса. Выделившиеся летучие компоненты переходят в газ и способны к химическому реагированию с окислителем. Скорость гомогенной реакции между газообразными летучими и кислородом определяется реакцией второго порядка по закону Аррениуса (первой по кислороду и горючему). Математическая модель основана на двухфазной двухскоростной модели реагирующей газодисперсной среды [2]. Уравнения записаны в сферической системе координат в консервативной форме. Задача решалась численно методом С. К. Годунова [3] для газа и методом А. Н. Крайко [4] для частиц. Шаг расчетной сетки по пространству задавался постоянным и равным $2\cdot10^{-5}$ *м*, шаг по времени вычислялся из условия устойчивости Куранта.

Полагалось, что в начале процесса в центре сферического объема расположен нагретый очаг радиуса 1 *мм* и температурой 2000 *К*. Объем сферического сосуда задавался равным 0.01 $м^3$, что соответствует радиусу сосуда 0.136 *м*. Полагалось, что состав газовзвеси определяется объемной долей метана в смеси, $a_{vol}$, радиусом $r_p$ и массовой концентрацией частиц угольной пыли, $m_{dust}$, содержанием летучих компонентов в угольной пыли, $V^C$. В расчетах варьировался состав газовзвеси, определялись структура волны горения и скорость распространения пламени по газовзвеси. Особо оценивалось влияние выхода летучих компонентов из частиц на характеристики сгорания газовзвеси. Результаты расчета представлены на рисунках 1, 2. На рисунке 1 представлена зависимость координаты фронта горения от времени для трех составов газовзвеси: 1 – $m_{dust}$ = 0.15 $кг/м^3$, $V^C$ = 0.1, 2 – $m_{dust}$ = 0.15 $кг/м^3$, $V^C$ = 0.3, 3 – $m_{dust}$ = 0.14 $кг/м^3$, $V^C$ = 0.3. Радиус частиц и объемная концентрация метана во взвеси в расчетах задавались равными 0.5 *мкм* и 3 %, соответственно. Согласно полученным результатам скорость сгорания газовзвеси угольной пыли в замкнутом объеме возрастает при увеличении доли летучих компонентов в частицах. При малых массовых концентрациях угольной пыли выбранной энергии в очаге оказалось недостаточно для распространения пламени (кривая 3). На рисунке 2 представлена динамика распространения волны горения по объему для состава, соответствующего кривой 1. Характер распространения волны горения аналогичен результатам [1].

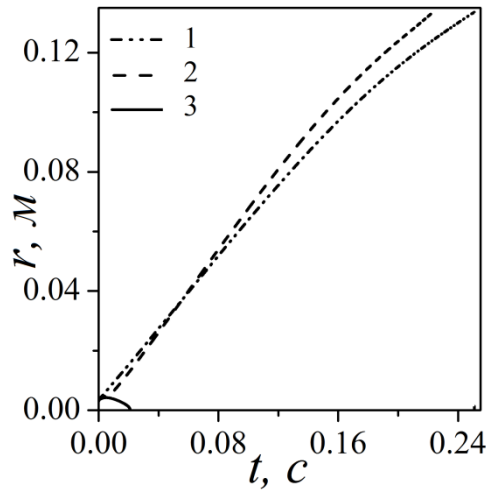


*Рис. 1. Координаты фронта горения от времени.*

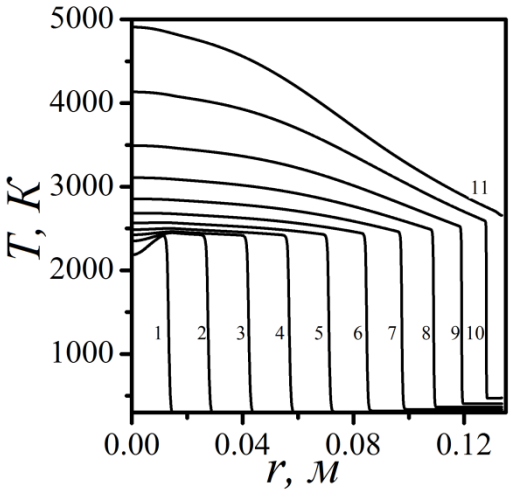


*Рис. 2. Динамика распространения волны горения.*

Список литературы:

1. Krainov A. Yu., Moiseeva K. M. Modeling of the flame propagation in coal-dust- methane air mixture in an enclosed sphere volume// J. Phys. Conf. Ser. 2016. V. 754. 052003
2. Динамика многофазных сред. Ч. 1. / Р. И. Нигматулин. М.: Наука, 1987. 464 с.
3. Численное решение многомерных задач газовой динамики / С. К. Годунов, А. В. Забродин, М. Я. Иванов, А. Н. Крайко, Г. П. Прокопов. Москва: Наука, 1976.
4. Крайко А. Н. О поверхностях разрыва в среде, лишенной «собственного» давления // ПММ. 1979. Т. 43. № 3. С. 500–510.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-48-703006 р_мол_а.*

**Лобасов А.С.** Влияние гидродинамических когерентных структур на смесеобразование в модельной камере сгорания ГТУ ..... 60
**Дектерев Ар.А., Лобасов А.С., Дектерев А.А.** Численное моделирование нестационарного горения при повышенных давлении и начальной температуре смеси в модельной камере сгорания ГТУ ..... 61
**Лобода Е.Л., Агафонцев М.В., Касымов Д.П., Рейно В.В., Гордеев Е.В., Тараканова В.А., Мартынов П.С., Орлов К.Е., Савин К.В., Дутов А.И., Лобода Ю.А.**
Изменение атмосферных параметров в окрестности малых очагов природных пожаров ..... 62
**Козлова М.А., Шаманский В.А.** Изменение теплоёмкости лигноцеллюлозного сырья при термическом разложении ..... 63
**Хребтов М.Ю., Палкин Е.В., Мулляджанов Р.И.** Вихреразрешающее численное моделирование процессов смесеобразования в модельной камере сгорания ГТУ ..... 64
**Казаков А.Л., Кузнецов П.А.** Краевая задача с вырождением для параболической системы типа реакция – диффузия ..... 65
**Донской И.Г., Свищев Д.А., Козлов А.Н., Пензик М.В. Т**ермическое разложение агломератов полиэтилена в пористой среде ..... 66
**Бендерский Б.Я., Чернова А.А.** Влияние утопленности сопла на теплообмен в камере сгорания РДТТ ..... 67
**Войтков И.С., Стрижак П.А., Кузнецов Г.В.** Применение компонентных составов для локализации горения лесных массивов ..... 68
**Ушаков К.Ю., Петров И.Я., Богомолов А.Р.** Исследование влияния термодинамических параметров и среды процесса на термическое превращение кузбасских углей ..... 69
**Моисеева К.М., Крайнов А.Ю.** Численное моделирование развития горения аэровзвеси порошка алюминия в замкнутом сферическом объеме ..... 70
**Boyadjiev Ch.B.** Reaction kinetics in chemical engineering ..... 71
**Абаимов Н.А., Никитин А.Д., Бутаков Е.Б., Рыжков А.Ф., Бурдуков А.П.**
Численное исследование паровоздушной газификации механоактивированного угля в модифицированном поточном реакторе ..... 72
**Федяева О.Н., Артамонов Д.О., Востриков А.А.** Гетерогенное и инициированное платиной гомогенное горение азотсодержащих гетероциклических соединений в среде аргона и водяного пара при повышенном давлении ..... 73
**Дорохов В.В., Романов Д.С., Вершинина К.Ю.** Утилизация растительных, угольных и нефтесодержащих отходов при сжигании в составе топливных пеллет и суспензий ..... 74
**Архипов В.А., Волков С.А., Золоторёв Н.Н., Ревягин Л.Н., Романдин В.И.**
Метод измерения акустической проводимости поверхности горения твердых топлив ..... 75
**Сыродой С.В.** Математическое моделирование термохимических процессов, приводящих к секвестированию оксидов азота и серы, в начальный период горения смесевого топлива уголь/биомасса ..... 76
**Федорова Н.Н., Гольдфельд М.А., Вальгер С.А.** Моделирование инжекции водорода в поперечный сверхзвуковой поток при изменении относительного напора подачи ..... 77
**Толстогузов Р.В.** Измерение поля температуры в пламени Бунзена методом плоскостной лазерно-индуцированной флуоресценции ..... 78
**Моисеева К.М., Крайнов А.Ю.** Влияние состава угольной пыли на скорость горения газовзвеси угольной пыли в замкнуТом объеме ..... 79
**Донской И.Г., Свищев Д.А., Шаманский В.А.** Изменение теплопроводности древесины в процессе термохимической конверсии ..... 80
**Леманов В.В., Лукашов В.В., Шаров К.А.** Суперстуктуры в диффузионном факеле ..... 81
**Шараборин Д.К.** Влияние начальной температуры смеси на поле скорости в пламени стабилизированном закруткой потока ..... 82
**Копьев Е.П., Ануфриев И.С., Шадрин Е.Ю., Лобода Е.Л., Агафонцев М.В., Мухина М.А.**
Измерение температуры пламени паромасляного вихревого горелочного устройства ..... 83
**Лукашов В.В., Игуменов И.К.** Аналитический метод описания CVD процесса ..... 84

**Секция 3.**
**Гидродинамика, тепломассообмен и волновые процессы в многофазных средах**

**Куянова Ю.О., Дубовой А.В., Бервицкий А.В., Паршин Д.В.**
Оптимизация параметров формирования обходных сосудистых анастомозов ..... 86
**Лобасов А.С., Минаков А.В., Пряжников М.И., Гузей Д.В.**
Расчётное исследование режимов течения двухфазных смесей нефти и вытесняющего агента в прямых микроканалах, имитирующих пору или трещину в горной породе ..... 87
**Ковалев А.В., Ягодницына А.А., Бильский А.В.** Влияние внешних возмущений на длину и механизм образования снарядов дисперсной фазы при потоках несмешивающихся жидкостей в микроканале с Т-образным входом ..... 88
**Добросельский К.Г.** Кавитационное обтекание круглого цилиндра в критической области ..... 89

Ответственные за выпуск
*Мулляджанов Р.И., д.ф.-м.н.*
*Рыженьков В.О.*

Вёрстка
*Мартынец А.В.*

Подписано в печать 01.08.2018 г. Печать офсетная.
Бумага офсетная. Формат 60x84 1/16. Уел. печ. **,* л.
Тираж *** экз. Заказ №***

---

Отпечатано в типографии «Срочная полиграфия»
ИП Малыгин Алексей Михайлович
630090, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 6/1, оф. 104
Тел. (383) 217-43-46, 8-913-922-19-07