



ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 12-2024
заседания Ученого совета Института

г. Новосибирск

26 декабря 2024 г.

СЛУШАЛИ: сообщение главного научного сотрудника д.ф.-м.н. Шарыпова О.В. о выполнении первого этапа фундаментальных научных исследований по теме: «Фундаментальные исследования процессов горения и детонации в перспективных технологиях энергетики и двигателестроения» – Крупный научный проект по приоритетным направлениям научно-технологического развития в рамках ведомственного проекта «Развитие институтов грантовой поддержки исследователей, научных и творческих коллективов» Государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» по Соглашению о предоставлении гранта от 24.04.2024 № 075-15-2024-543 (руководитель проекта – академик РАН Маркович Д.М.).

Фундаментальные исследования выполняются ИТ СО РАН при участии ИХКГ СО РАН, ИТПМ СО РАН, ИГиЛ СО РАН, ТПУ, МГУ, ОИВТ РАН, ФИЦ ХФ РАН, ИЭЭ РАН, ФИЦ ПХФ и МХ РАН, ИПМех РАН. Работы отчетного этапа выполнены в полном объеме, получены запланированные результаты:

1. Получены распределения температуры при диффузионном горении водородсодержащей топливной смеси в турбулентном факеле, натекающем на преграду. Определено влияние добавки водорода на условия проскока пламени и границы устойчивого горения метана в широком диапазоне от бедных до богатых смесей в режимах свободной и импактной струи. Проведены расчетные исследования диффузионного горения метано-водородной смеси с использованием RANS и LES моделей турбулентности и редуцированных кинетических механизмов.

2. Экспериментально показано, что диффузионное горение микроструй водорода с добавлением метана, гелия, азота включает ряд стадий по мере увеличения скорости потока: а) отрыв пламени от среза сопла; б) горение в «области перетяжки пламени» вблизи среза сопла; в) прекращение горения.

3. Получены данные о расширении диапазона скорости для режимов устойчивого горения предварительно перемешанных метано-воздушных смесей с различным содержанием водорода при нормальной и обратной гравитации. Проведены эксперименты и численное моделирование распространения пламени в метано- и пропановоздушных смесях в плоских каналах «конфузор-диффузор». Определены условия существования и характеристики ячеистого пламени, перехода к очаговому горению, автоколебаний, устойчивости и бифуркаций.

4. Получены экспериментальные значения максимальной температуры горения и данные по составу газообразных продуктов в зависимости от коэффициента избытка окислителя и скорости движения инертного теплоносителя в реакторе рекуперативного типа для процесса окислительной конверсии модельных углеводных топлив при различных режимах.

5. Впервые получены время-разрешенные профили концентрации атомов кислорода при окислении перспективных биотоплив – фуранов. Уточнены выражения для констант скоростей реакций и пути реакций; верифицированы модели горения. Определены задержки воспламенения, нагарообразование, полнота сгорания и условия срыва горения альтернативных топлив (АТ), в том числе SAF- компонента. Разработана математическая модель воспламенения и горения АТ, выполнены предварительные расчеты для модельной камеры сгорания.

6. Экспериментально исследована химическая и тепловая структура пламени, проведено численное моделирование профилей концентрации исходных реагентов, основных продуктов горения, а также ключевых радикалов и лабильных интермедиатов в стабилизированных на плоской горелке пламенах предварительно перемешанных бедных и стехиометрических смесей компонентов нового суррогатного керосина (метилциклогексан, н-декан, изоцетан или тетралин) с O_2 и Ar с использованием детальных механизмов горения углеводородов.

7. На модернизированных крупномасштабных опытных огневых стендах до 5 МВт исследованы характеристики процессов воспламенения и горения топлива, получены параметры устойчивого факельного горения различных видов топлива (газообразное, жидкое и твердое) и пограничных режимов. Зависимости характеристик пламени от режимных параметров позволяют сформировать корпус

обучающих данных нейросетевой модели, основанной на машинном зрении, для прогнозирования и управления работой энергетического оборудования.

8. Экспериментально определены основные характеристики термохимической конверсии твердых и композиционных топлив при разных темпах нагрева в окислительной и инертной средах. Определен состав дымового газа при сжигании в воздухе отдельных компонентов и топливных смесей. Получены значения энергии активации на разных стадиях конверсии топлив. Выполнены экспериментальные исследования, направленные на апробацию способов снижения вредных газовых выбросов при сжигании двух- и трехкомпонентных топлив.

9. Проведен анализ конструкций плазменных актуаторов для формирования электрогидродинамических потоков с целью охлаждения теплонапряженных элементов энергоустановок. Определены требуемые характеристики систем питания плазменных актуаторов. Получены новые данные о характеристиках ЭГД потоков плазменных актуаторов различной конструкции, и их влиянии на интенсивность теплообмена в системах охлаждения.

10. Эксперименты показали: в закрытой вертикальной трубе при поджигании сверху пламя не распространяется в метановоздушных смесях (в том числе с добавками угольной взвеси) при объемном содержании метана (α) менее 5-5,5%; в открытой с одного конца горизонтальной трубке пламя распространяется в газовых смесях с $\alpha \geq 6\%$ и в газугольных смесях с $\alpha \geq 5,5\%$; скорость пламени возрастает с ростом α ; добавки угольной взвеси слабо влияют на скорость, способствуют возникновению колебаний и уменьшают нижний концентрационный предел распространения пламени.

11. Методами численного моделирования получены новые данные о процессе истечения водорода из камеры высокого давления в открытое пространство через постепенно раскрывающееся сечение. Показано, что вероятность самовоспламенения повышается с увеличением ширины отверстия. Обоснована возможность экспериментального моделирования истечения водорода под высоким давлением в воздух с последующим самовоспламенением путём снижения начального давления при фиксированном отношении давлений водорода и воздуха.

12. На основе параметрического численного исследования обоснован выбор упрощенной кинетики процессов пиролиза при горении различных полимерных объектов в составе математической модели для вихреразрешающего численного моделирования нестационарных режимов горения в ограниченном объеме в широком диапазоне термофизических свойств горючих объектов. Проведена валидация результатов по натурным данным о динамике возгорания в условиях багажного отсека самолета по концентрации СО и СО₂, светопропусканию и температуре.

13. Получены газодинамические и энергетические параметры волн горения и детонации смесей аммиак+кислород. В кольцевой камере сгорания (КС) диаметром 0,5м впервые реализованы режимы непрерывной вращающейся детонации смесей аммиак/водород+воздух четырех составов. Определены условия распространения вращающейся детонации в зазоре между плоским диском и кольцом для пропановоздушной смеси. Определено влияние вращения водородосодержащей смеси на распространение детонации при ее инициировании внутри ядра вихря.

14. Обнаружены эффекты вторичной фокусировки и кумуляции для сверхзвукового обтекания тел при взрыве газового пузыря перед головной ударной волной. Проведены исследования по оптимизации геометрии канала с целью создания плоских детонационных волн большой протяженности для воздействия на поверхность тел. Получены данные о распределении частиц металла по размерам при импульсно-периодическом воздействии ударными и детонационными волнами на струю жидких цинка, алюминия и стали.

Полученные результаты фундаментальных исследований соответствуют Техническому заданию и Плану-графику на 2024 год, обладают принципиальной новизной и научной значимостью, вносят вклад в мировую науку в области исследования процессов горения и детонации (механика реагирующих сред, теплофизика, химическая кинетика), ориентированы на развитие технологий, в том числе на совершенствование энергоустановок, двигателей, повышение технической и экологической безопасности, связанных с укреплением технологического суверенитета и реализацией приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации.

ПОСТАНОВИЛИ: Научно-исследовательскую работу по теме «Фундаментальные исследования процессов горения и детонации в перспективных технологиях энергетики и двиглестроения» по Соглашению о предоставлении гранта от 24.04.2024 № 075-15-2024-543 (стап 2024 года) считать принятой и выполненной в установленный срок в полном соответствии с условиями предоставления гранта.

Председатель Ученого совета академик РАН

Ученый секретарь к.ф.-м.н.
М.П.

Д.М. Маркович

М.С. Макаров