



ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 12-2025
заседания Ученого совета Института

г. Новосибирск

26 декабря 2025 г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ 21 из 28 членов учёного совета с правом решающего голоса.

СЛУШАЛИ: сообщение главного научного сотрудника д.ф.-м.н. Шарыпова О.В. о выполнении второго 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. Проведено экспериментальное исследование сценариев диффузионного горения, при различных конфигурациях подачи топлива (смеси метана и водорода) и окислителя. Показано, что при подаче метана, перемешанного с водородом, через кольцевое отверстие, а воздуха при трансзвуковой скорости через центральное цилиндрическое микросопло характер горения метана, чувствителен к присутствию водорода в смеси. Выявлены сценарии горения при различных соотношениях метана и водорода.

2. Получены экспериментальные данные о границах устойчивого горения метана в воздушном потоке в условиях модельного малоразмерного вихревого канала. Получены экспериментальные данные о границах устойчивого горения бедного и стехиометрического закрученного метан-водород-воздушного пламени (в координатах скорости потока и объемного содержания водорода) в условиях нормальной и обратной гравитации, в том числе при акустическом воздействии.

3. Впервые показано, что зависимость вероятности прохождения пламени через отверстие в препятствии от размера отверстия является двухмодальной. Показано, что добавление водорода существенно повышает вероятность прохождения пламени. Предложен механизм распространения пламени через зазоры. Получены распределения температуры в реакторе при горении сверхбедных смесей паров углеводородов с воздухом, зависимости концентрационного предела устойчивого горения от абсолютной скорости подачи топлива.

4. Установлено влияние промотирующих и ингибирующих добавок на период индукции воспламенения альтернативных топлив (АТ), в том числе SAF на ударной трубе, а также на нагарообразование, условия срыва пламени и полноту сгорания в модельной камере сгорания (КС) испарительного типа и в экспериментальной модельной КС высокоэнтальпийной энергосиловой

установке (ЭУ) в широком диапазоне режимных параметров. Валидирована математическая модель воспламенения и горения АТ применительно к КС ЭУ авиации и энергетики.

5. Методом квадрупольной масс-спектрометрии проведено исследование влияния добавки ДМЭ на процесс сажеобразования в плоском пламени этилен/воздух. Согласно интенсивностям сигналов масс-спектрометра, замещение части топлива на 6% и 14,5% ДМЭ не оказывает существенного влияния на процесс образования бензола и других ПАУ, однако с ростом доли ДМЭ увеличивается образование алифатических структур, таких как C_4H_8 и C_5H_{10} , которые оказывают подавляющий ингибирующий эффект на процесс сажеобразования.

6. Экспериментально изучена химическая и тепловая структура пламён суррогатного керосина или ТС-1 и с O_2 и Ar , стабилизированных на плоской горелке. Проведено численное моделирование химической структуры пламён предварительно перемешанных смесей суррогатного керосина с O_2 и Ar с использованием детального механизма горения углеводородов. Разработана скелетная модель горения суррогатного керосина, состоящего из смеси четырех углеводородов – метилциклогексана, н-декана, изоцетана и тетралина.

7. На основе экспериментального изучения взаимосвязей основных параметров факельного горения углеводородного топлива (таких как избыток воздуха, интенсивность свечения и температура пламени, газовый состав и т.п.) и сформированного корпуса обучающих данных разработана нейросетевая модель для предсказания характеристик работы горелочных устройств на основе архитектуры из комбинации сверточных сетей, двунаправленных LSTM и механизмов внимания. Достигнута точность прогнозирования более 80%.

8. Определена номенклатура наиболее эффективных композиционных жидких топлив на основе промышленных отходов. Создана база данных по характеристикам их горения и свойствам. Разработаны карты режимов сжигания порошка гидрата метана и природного газа при применении в смеси топлив. Установлены характеристики термохимической конверсии топлив. Апробированы подходы для снижения производства вредных продуктов сгорания композиционных топлив за счет добавления воды, биомассы и газопаровоздушной составляющей.

9. Определены основные параметры взрывоопасности безуглеродных стехиометрических систем аммиак-кислород-азот и аммиак-водород-кислород, в том числе аммиак-воздух.

10. На основе панорамной оптической диагностики методом лазерно-индуцированной флуоресценции гидроксильного радикала определены критические параметры воспламенения и проскока пламени при диффузионном факельном горении углеводородного топлива с добавлением аммиака. Разработаны численные модели горения углеводородного топлива с добавлением аммиака. Проведена верификация на задачах ламинарного горения смеси $NH_3/O_2/Ar$ в реакторе струйного перемешивания и турбулентного горения в прямоточном факеле.

11. Исследованы режимы истечения водорода и водород-метановых смесей в открытое пространство при давлении горючего газа перед разрывом диафрагмы до 650 атм. Импульсное истечение газа достигалось разрывом диафрагмы, изготовленной из меди, алюминия, нержавеющей стали, латуни или титана. Экспериментально и численно получены и подробно описаны три режима истечения: без воспламенения, с воспламенением и последующим гашением и с воспламенением и переходом к струйному горению.

12. Исследованы параметры и устойчивость волн горения при их движении против направления силы тяжести в смесях метан/воздух и метан/воздух/уголь с содержанием метана 5.5-9.5 % об. Показано, что пламя устойчиво в отличие от случаев распространения пламени по направлению силы тяжести, когда фронт пламени совершает колебания со знакопеременной скоростью. Добавки угольной взвеси уменьшают нижний концентрационный предел распространения пламени и слабо влияют на скорость пламени.

13. На основе параметрического численного исследования с использованием созданной математической модели полимерного материала, отвечающем осредненному по составу багажу пассажиров самолёта, получены зависимости скорости нестационарного распространения зоны горения от характера заполнения объема горючими объектами различных форм и размеров, от расхода локального источника окислителя и наличия противопожарных перегородок в условиях, соответствующих возгоранию в грузовом отсеке транспортного средства.

14. Исследованы процессы в модельной канальной системе охлаждения (СО) теплонагруженных элементов, использующей принудительную конвекцию с генерацией вспомогательного электрогидродинамического (ЭГД) потока внутри канала. На основе полученных данных разработана математическая модель формирования ЭГД-потока в

исследуемой СО с учетом теплофизических и гидродинамических процессов. Полученные результаты свидетельствуют об энергоэффективности комбинированной СО.

15. В радиальной камере сгорания (КС) диаметром 0,5 м и длиной 5 см впервые реализованы одноволновые режимы непрерывной спиновой детонации со скоростью 1.57-2.33 км/с смесей аммиак/водород-воздух. Определено влияние количества зазоров кольцевой КС на параметры вращающейся детонации пропановоздушной смеси и тяговые характеристики установки. Установлена возможность управления расходящейся цилиндрической детонацией водородосодержащих смесей за счет добавок О₃/пероксида водорода и инертных разбавителей.

16. Численно определены условия инициирования детонации и импульсное воздействие на стенку при взаимодействии ударной волны с заполненным горючей газовой смесью пузырем перед плоской стенкой или стенкой с каверной. Получены новые данные о свойствах порошков металлов, полученных методом импульсно-периодического воздействия ударных волн и детонации на струи цинка, сплава алюминия и нержавеющей стали, о распространении детонации и переходных процессах горения в профилированных сужающихся каналах.

Полученные результаты фундаментальных исследований соответствуют Техническому заданию и Плану-графику на 2025 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, реализацией приоритетов научно-технологического развития и целями технологического лидерства Российской Федерации.

ПОСТАНОВИЛИ: Научно-исследовательскую работу по теме «Фундаментальные исследования процессов горения и детонации в перспективных технологиях энергетики и двигателестроения» по Соглашению о предоставлении гранта от 24.04.2024 № 075-15-2024-543 (этап 2025 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.

W. M. Jones

Д.М. Маркович

clg

А.А. Ягодницына

