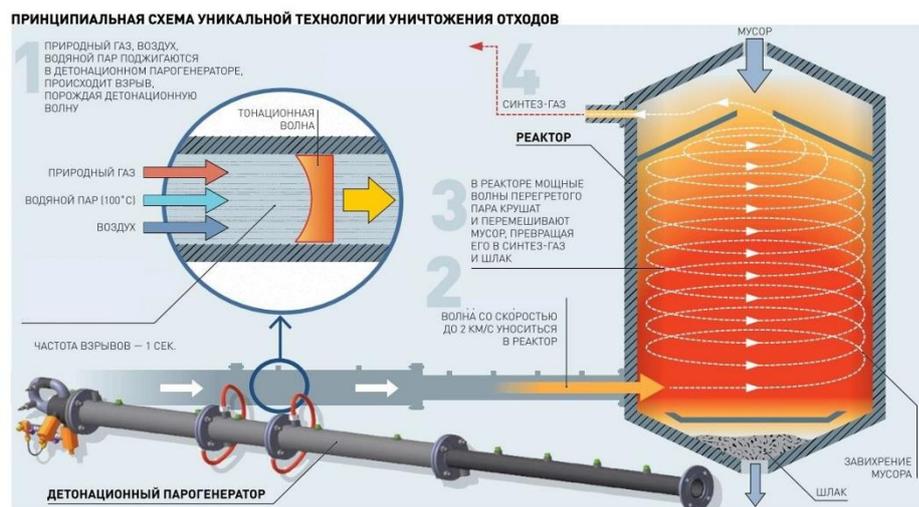


Отдел горения и взрыва

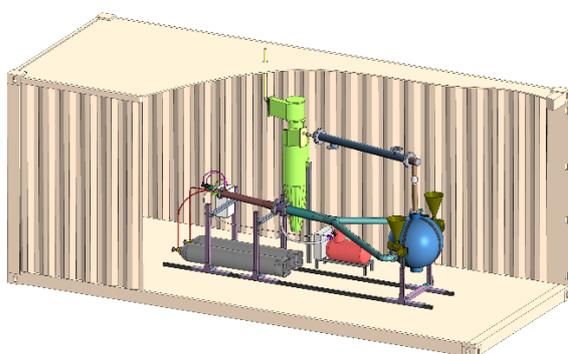
Руководитель отдела д.ф.-м.н. Фролов С.М.

НОВЫЙ СПОСОБ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СИЛЬНО ПЕРЕГРЕТЫМ (выше 2000 °С) ВОДЯНЫМ ПАРОМ, ПОЛУЧАЕМЫМ ДЕТОНАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Впервые в мире (на новых физических принципах) разработан, изготовлен и испытан импульсно-детонационный пароперегреватель (ИДП), позволяющий получать сильно перегретый водяной пар с температурой выше 2000 °С при атмосферном давлении благодаря циклической детонации тройных смесей «горючий газ–кислород–водяной пар». В 2020 в ФИЦ ХФ РАН создана установка-демонстратор для глубокой паровой конверсии органических коммунальных и промышленных отходов в энергетический газ или синтез-газ (смесь СО и Н₂) **без каких-либо вредных выбросов в окружающую среду**. Благодаря рабочему процессу с циклическим заполнением ИДП холодной горючей смесью и подачей в охлаждаемый реактор встречных импульсных сверхзвуковых струй перегретого пара вместе с измельченными отходами, в установке успешно решены проблемы эффективности конверсии и теплового состояния конструкции: частицы отходов газифицируются, многократно попадая в вихревые зоны в центральной части реактора, при этом ударные волны, сопровождающие подачу сверхзвуковых струй, предотвращают агломерацию частиц.



(а)



(б)



(в)

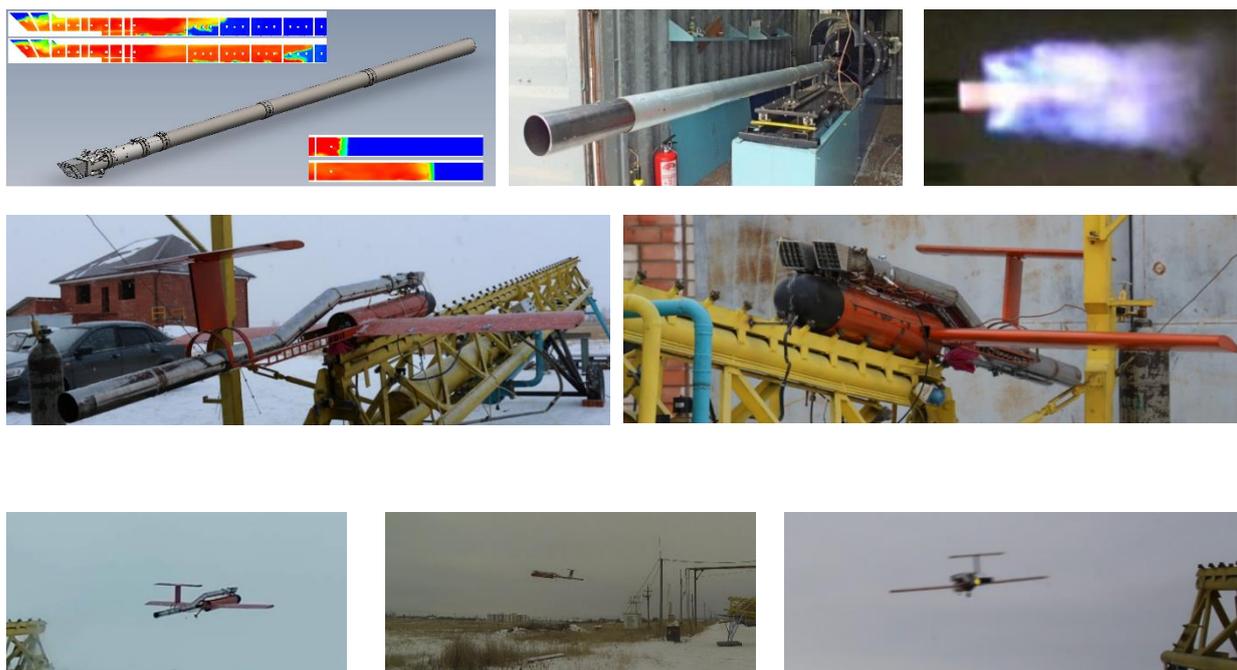
Рис. 1 (а) Принцип работы, (б) схема и (в) фотография установки-демонстратора для глубокой паровой конверсии органических коммунальных и промышленных отходов и фотография импульсно-детонационного пароперегревателя с реактором

Авторы: Фролов С. М., Сметанюк В. А., Шамшин И. О., и др. Статьи: ДАН, 2020, т. 490, с. 57–61; ДАН, 2020, т. 495, с. 71–76; Appl. Therm. Eng., 2021, Vol. 183, P. 1, p. 116195.

БРОСКОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ПРЯМОТОЧНЫМ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫМ ИМПУЛЬСНО-ДЕТОНАЦИОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

В 2018 г. сотрудниками лаборатории детонации (зав. лаб., д.ф.м.н. С.М. Фролов) впервые в мире продемонстрирован автономный полет беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с силовой установкой (СУ) нового типа – импульсно-детонационным двигателем (ИДД) собственной разработки. Силовая установка включает воздухозаборное устройство с обратным лепестковым клапаном и детонационную трубу и работает на углеводородных моторных топливах, включая штатный авиационный керосин. При скорости набегающего воздушного потока от 30 до 120 м/с СУ обеспечивает эффективную тягу до 250 Н при удельном импульсе по топливу 1000–1200 с, который в два раза превышает аналогичный показатель для пульсирующих воздушно-реактивных двигателей типа V-1, работающих на медленном горении. Результаты бросковых испытаний БПЛА взлетной массой до 100 кг показали, что использование СУ на основе ИДД обеспечивает дозвуковой полет с набором скорости и высоты. Важнейшее отличие от полетных испытаний СУ на основе ИДД, выполненных ВВС США в 2008 г. — самопроизвольное поступление воздуха в тракт двигателя за счет давления торможения в набегающем потоке воздуха вместо его принудительной подачи с помощью турбонаддува. Ввиду простоты конструкции и дешевизны таких СУ, а также высоких удельных тяговых характеристик их можно рассматривать как альтернативу СУ на основе поршневых и турбореактивных двигателей для дозвуковых БПЛА. Наиболее перспективные области применения ИДД — самолеты-мишени, атмосферные зонды, реактивные вертолеты и др.

1. Фролов С. М., Аксёнов В. С., Иванов В. С., Шамшин И. О., Набатников С. А. Бросковые испытания беспилотного летательного аппарата с прямоточным воздушно-реактивным импульсно-детонационным двигателем. Горение и взрыв. 2019. Т. 12. №1. С. 61–72. DOI: 10.30826/CE19120108.
2. Frolov S. M., Aksenov V. S., Ivanov V. S., Shamshin I. O. Catapult launching tests of an unmanned aerial vehicle with a ramjet pulsed-detonation engine. EUCASS-A0178-5 paper, July 1-5, 2019, Madrid, Spain.
3. Frolov S. M., Aksenov V. S., Ivanov V. S., Shamshin I. O., Zangiev A. E. Air-breathing pulsed detonation thrust module: numerical simulations and firing tests. Aerospace Science and Technology. 2019. V. 89.P. 275–287. DOI: 10.1016/j.ast.2019.04.005.



Сверху: Трёхмерные расчеты, модель и образец ИДД; наземные испытания в аэродинамической трубе. В центре: БПЛА с однотрубной и двухтрубной силовыми установками на катапульте перед бросковыми испытаниями. Снизу: БПЛА в полете.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЕ, МОЩНОЕ БЕЗМАТНИЧНОЕ ИК – ГОРЕЛОЧНОЕ УСТРОЙСТВО.

Предложена новая конструкция инфракрасного (ИК) горелочного устройства и реализован новый режим вынужденного поверхностного горения (ВПГ). Горение газовой смеси происходит вблизи поверхности системы пластин из жаропрочного металлического сплава, обладает устойчивостью при более высоких значениях удельной мощности горения и хорошими экологическими характеристиками. Достоинства устройства – рекордная удельная мощность для ИК горелочных устройств, низкий уровень вредных примесей в продуктах сгорания, высокий радиационный КПД. Конструкция горелки и режим ВПГ позволили реализовать устойчивый режим поверхностного горения смеси бытового газа с воздухом в области значений удельной мощности горения от 900 до 5800 кВт/м² на единицу площади поперечного сечения газового потока. Мощность горелки может меняться в интервале от 10,7 до 24 кВт. Габариты системы излучающих пластин горелки: 72x90x110 мм. Концентрация оксидов азота в продуктах сгорания не более 11 ppm, концентрация монооксида углерода не более 10 ppm при значениях коэффициента избытка воздуха 1,5 и мощности горелки не более 20 кВт. Максимальная температура внешней поверхности излучающих пластин – 1280°C. Горелочное устройство может найти применение в промышленных процессах с нагревом и сушкой, в бойлерах, в конверторах по производству синтез газа и водорода, в камерах сгорания ГТУ. Экспонат награжден серебряной медалью на 25 Международной промышленной выставке Металл Экспо, 12 -15 ноября 2019 г. , Москва, ВДНХ.

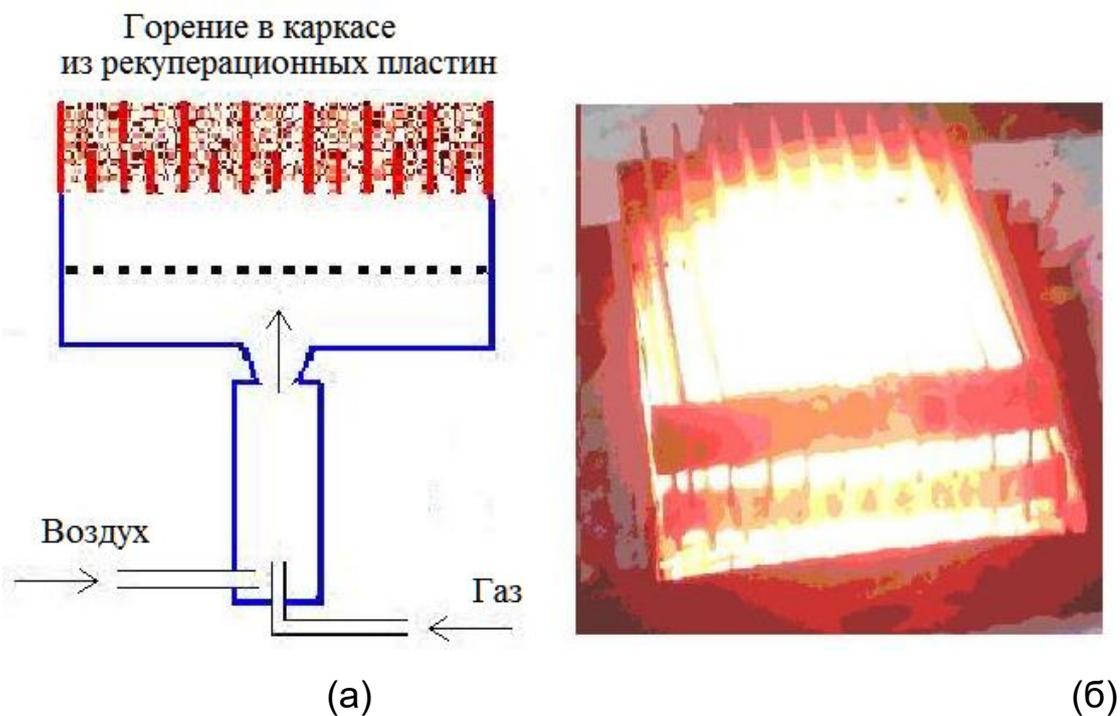


Рис. 1 (а) конструкция ИК-горелки, (б) фотография макета ИК-горелки, работающей в режиме ВПГ при мощности горения 20 кВт.

Подробности в публикациях:

1. Н.Я. Василик, В.М. Шмелев. Инфракрасное горелочное устройство на системе рекуперативных элементов. Горение и взрыв. 2020. Т. 13. №2. С. 19-24. DOI: 10.30826/CE20130404.
2. Н.Я. Василик, А.А. Захаров. Экспериментальные исследования инфракрасной горелки с поверхностным режимом горения в области высоких значений удельной мощности горения. Горение и взрыв. 2020. Т. 13. №4. С. 29-36. DOI: 10.30826/CE20130203.

Составил д.ф.м.н. Крупкин В.Г.