

АНАЛИЗ СТЕНДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРЕНИЯ

А. В. Сидоренко

Sidorenko-nastua4142@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. В статье представлен анализ существующих стендов по горению газа с указанием их достоинств и недостатков. На основе анализа разработан стенд, позволяющий исследовать горение газа, построить математическую модель данного процесса и дать оценку возможности трехмерных расчетов.

Ключевые слова: стенд; анализ; горение газа; экспериментальное исследование горения; изучение горения газа; газозоудная смесь; экспериментальная установка.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время среди тепловых двигателей набирают популярность двигатели на природном газе. Однако для дальнейшего их совершенствования необходимо не только изучить процессы горения, но и подготовить математическую модель этих процессов. Поэтому в данной работе поставлена следующая цель: спроектировать стенд для экспериментального исследования горения газа на основе анализа существующих стендов по горению.

АНАЛИЗ СТЕНДОВ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРЕНИЯ ГАЗА

В процессе изучения различных научных работ, посвященных горению газа, были найдены следующие стенды:

1. Для проведения экспериментальных исследований процесса горения метано-воздушной смеси была предложена схема лабораторного стенда, изображенная на рис. 1 [1].

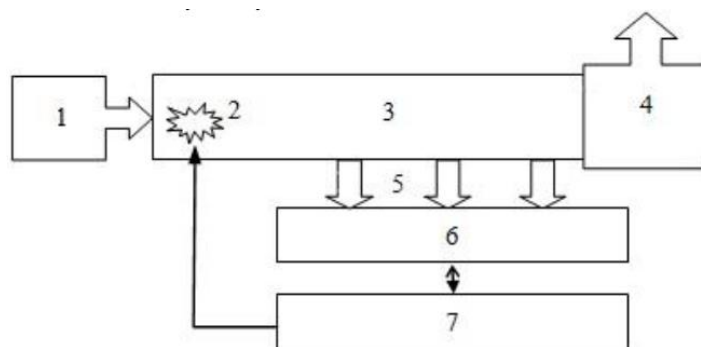


Рис. 1. Схема лабораторного стенда для исследования горения метано-воздушной смеси:

1 – баллон с газом; 2 – система воспламенения; 3 – труба с газо-воздушной смесью; 4 – вытяжная вентиляция; 5 – датчики; 6 – регистратор; 7 – система синхронизации

Достоинства:

1) Простота схемы обеспечивает надежность работы экспериментальной установки.

Недостатки:

1) При подаче воздуха из баллона не всегда возможно обеспечить стабильное давление;

2) Нет подогрева воздуха на камеру сгорания, что исключает отработку режимов работы камеры в составе ГТД (температура воздуха за компрессором и перед камерой сгорания (КС) не менее 250 °С);

3) Данная система подачи газа не исключает попадания в камеру сгорания конденсата из баллонов, что может исказить результаты экспериментов;

4) При данной схеме стенда сложно обеспечить точное соотношение газа и воздуха на входе в зону горения.

2. Стенд для экспериментального исследования сверхзвукового горения углеводородных топлив (рис. 2) [2].

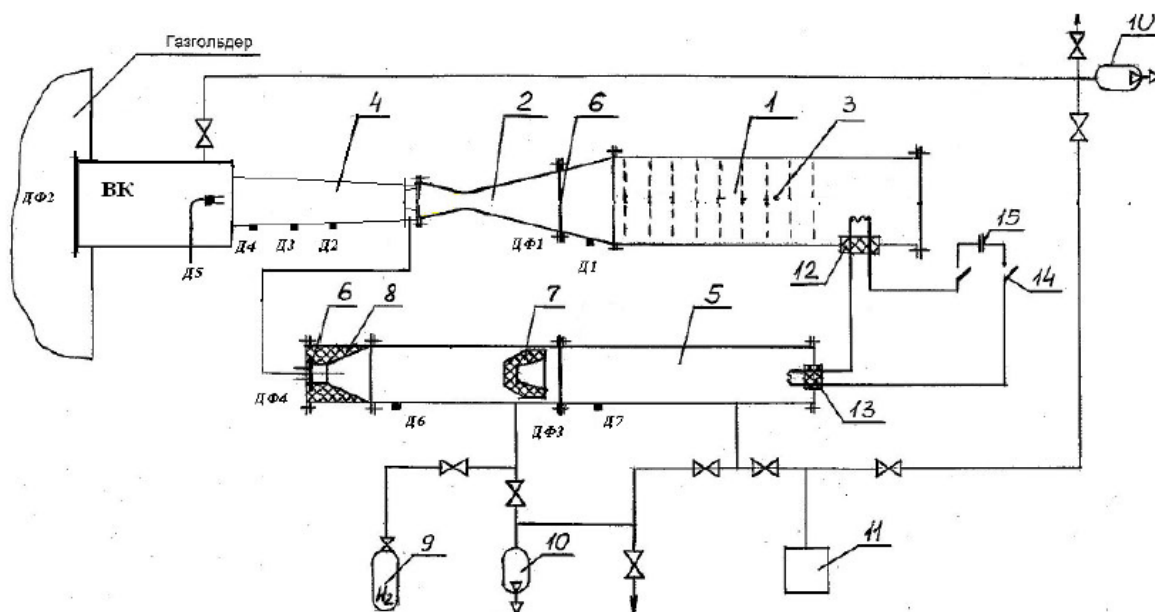


Рис. 2. Схема лабораторного:

1 – цилиндрическая форкамера; 2 – сопловой узел; 3 – хонейкомб (выравниватель); 4 – цилиндрическая камера сгорания; 5 – генератор впрыска топлива; 6 – диафрагма; 7 – поршень; 8 – уловитель; 9 – баллон с водородом; 10 – емкость с КВС; 11 – электролизер; 12, 13 – разрядное устройство; 14 – ключ; 15 – конденсатор; BK – вакуумная камера

Достоинства:

1) Обеспечивает возможность регулирования расхода водорода в широком диапазоне и необходимую синхронизацию впрыска водорода с заданной фазой работы стенда;

2) Использование поршневой системой подачи с помощью взрыва КВС упрощает и удешевляет схему стенда, а так же повышает ее надежность.

Недостатки:

1) Данный стенд может работать только в импульсном режиме, что исключает возможность изучения установившихся процессов;

2) Использование диафрагм требует постоянной их замены.

3. Стенд для экспериментального исследования рабочего процесса в модельной прямоугольной камере сгорания прямоугольного сечения (рис. 3) [3].

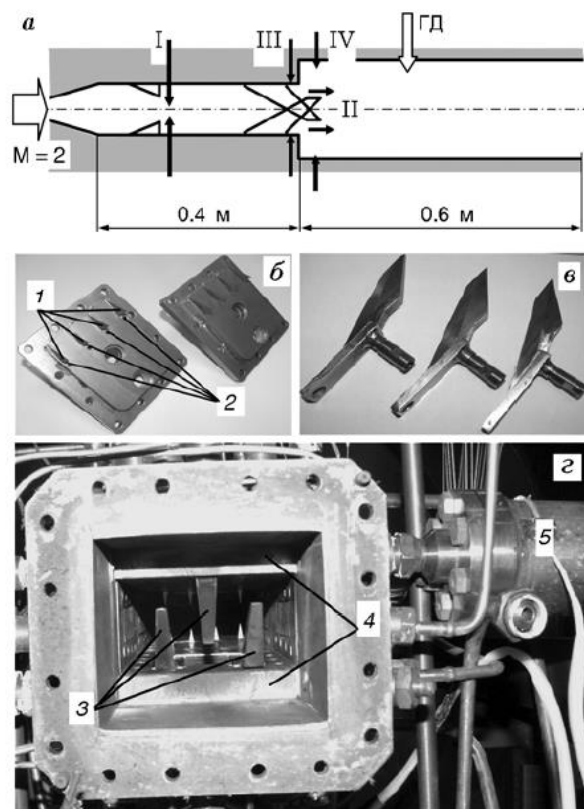


Рис. 3. Схема модельной камеры сгорания (а) и фотографии КС и топливоподающих пилонов (б–г):
 а – ГД – воздушный газодинамический дроссель, темные стрелки и римские цифры – пояса подачи топлива;
 б – узлы I пояса подачи; 1 – пилоны; 2 – форсунки; в – пилоны II пояса подачи; г – вид сзади на первый участок камеры; 3 – пилоны-стабилизаторы II пояса подачи; 4 – донные уступы-стабилизаторы;
 5 – огневой воспламенитель

Достоинства:

- 1) Автоматизированное управление стендом обеспечивает длительность подачи топлива в камеру сгорания до ≈ 20 с и ступенчатое изменение расхода (до трех режимов в одном пуске);
- 2) Регулирование в широком диапазоне параметров газа и воздуха на входе в КС;
- 3) Возможность замены газовых форсунок;
- 4) Возможность размещения газовых форсунок на разном расстоянии от входа в КС.

Недостатки

- 1) Неоднородное горение;
- 2) В реальных авиационных двигателях камеры сгорания никогда не имеют прямоугольную форму сечения.

Так же в ходе исследования были обнаружены две научные работы, в которых представлены стенды для изучения горения газа, однако их задачи значительно отличаются от задач разрабатываемого стенда:

1. Стенд для экспериментального исследования сгорания водородно-синтез-газовой/метановой топливной смеси в пористой горелке (рис. 4) [4]. Данное устройство позволяет исследовать специфическое горение, происходящее в пористой среде, например, горение углеводородных полезных ископаемых в пласту.

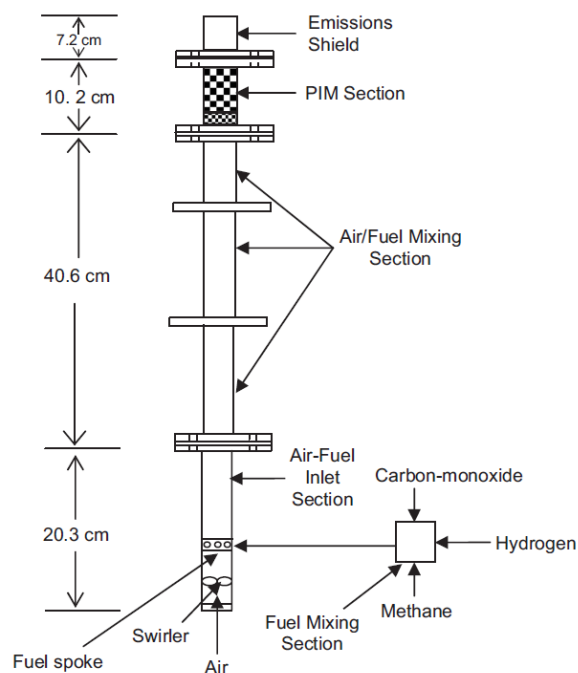


Рис. 4.

2. Для экспериментального исследования влияния дополнительного источника турбулентности в проточной камере сгорания на режим горения богатых метанокислородных смесей был разработан стенд, схема которого представлена на рис. 5 [5].

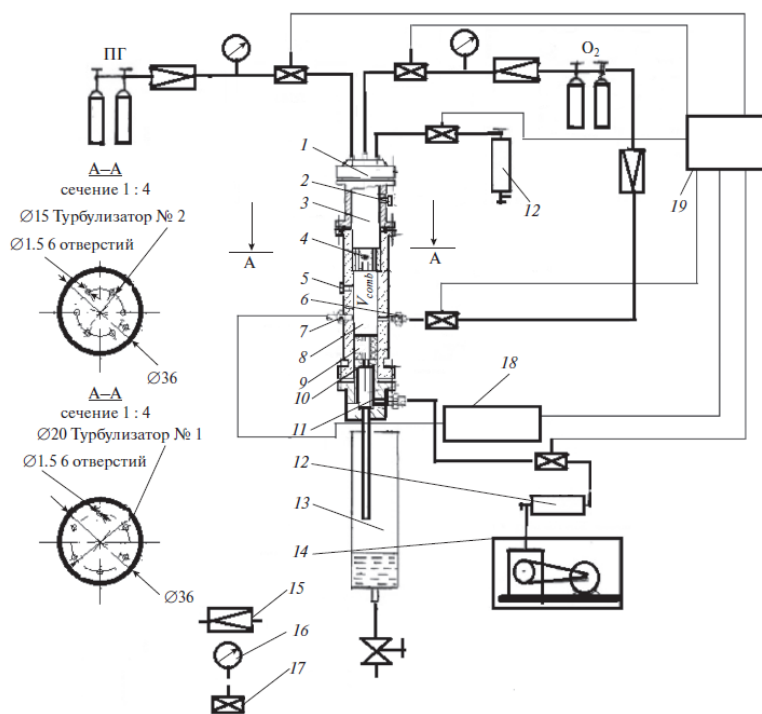


Рис. 5. Схема экспериментальной установки:

1 – центробежная форсуночная головка ЖРД МДТО-123; 2 – датчик давления в камере 3 смешения исходных реагентов; 4 – турбулизатор двух различных конструкций (№ 1 и № 2); 5 – датчик давления в камере сгорания; 6 – штуцер для подачи дополнительного кислорода при поджиге; 7 – свеча зажигания; 8 – камера сгорания; 9 – керамическая вставка; 10 – выходное критическое сечение камеры сгорания; 11 – штуцер для отбора проб продуктов сгорания; 12 – пробоотборники исходной смеси реагентов и продуктов сгорания; 13 – сепаратор; 14 – форвакуумный насос; 15 – редукторы; 16 – контрольные стрелочные манометры; 17 – электромагнитные клапаны; 18 – система электроподжига; 19 – автоматическая система управления (АСУ)

За счет конструктивных особенностей турбулизатора в данной схеме возможны изменения в пространственной структуре турбулентной зоны перемешивания, расположенной внутри камеры сгорания перед зоной турбулентного горения.

СХЕМА И ОПИСАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРЕНИЯ ГАЗА

После детального анализа всех конструктивных особенностей экспериментальных установок, показанных выше, была разработана следующая схема стенда (рис. 6).

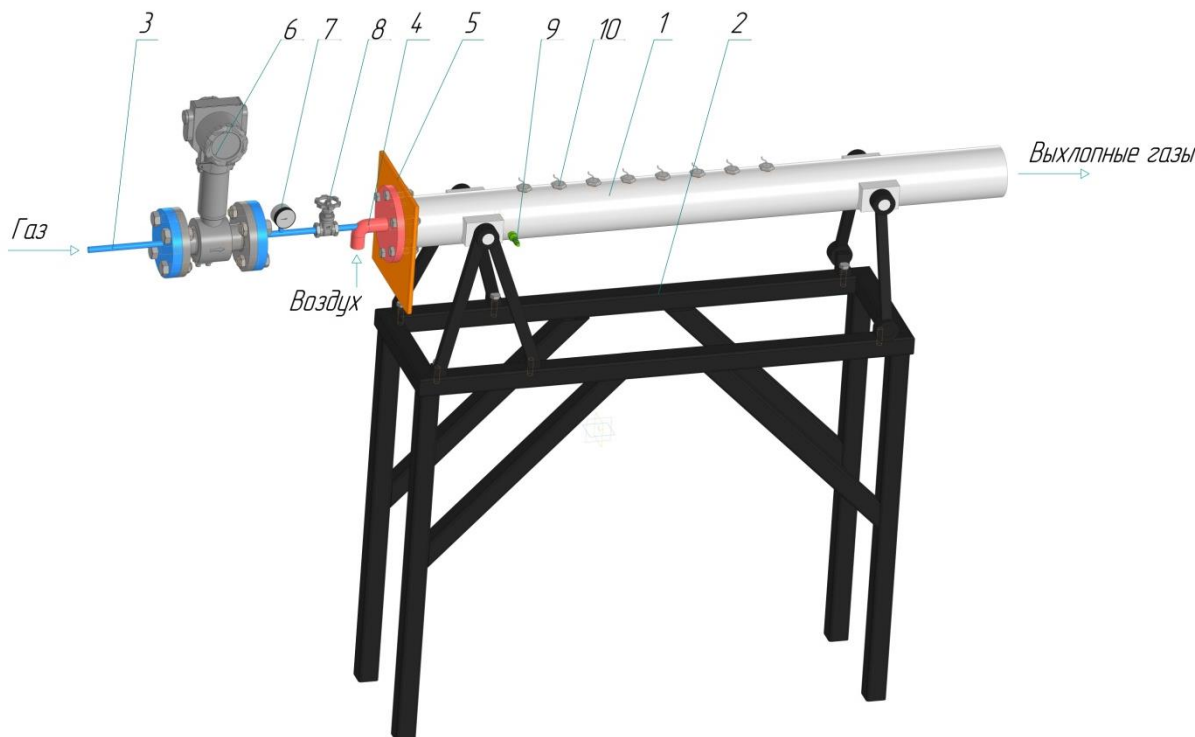


Рис. 6. Стенд для экспериментального исследования горения водорода:

1 – труба; 2 – рама; 3 – канал подачи газа; 4 – канал подачи воздуха; 5 – газовая горелка; 6 – расходомер; 7 – манометр; 8 – вентиль; 9 – свеча зажигания; 10 – датчики температуры

Особенности экспериментальной установки:

1) Труба, в которой непосредственно происходит горение, будет изготовлена из стали марки 12Х18Н10Т. Она представляет собой цилиндр диаметром 100 мм и длиной 1200 мм. А в качестве материала для изготовления рамы будет использована сталь 3 или сталь 45.

2) Газ будет подаваться из баллона. Однако для изучения горения водорода в целях безопасности вместо баллона будет использоваться электролизер.

3) Подача воздуха осуществляется из компрессорной станции, что позволяет исследовать горение газа при подаче воздуха давлением до 200 атмосфер.

4) Есть возможность изучения горения с использованием различных турбулизаторов.

5) Для поддержания стабильного горения на входе в трубу установлена газовая горелка.

6) Система выхлопа предполагает шумоглушение и дымоудаление.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье проведен анализ научных разработок для изучения горения. Указаны достоинства и недостатки каждой экспериментальной установки.

На основе анализа разработана другая схема стенда.

Данный стенд позволяет не только экспериментально изучить процесс горения газа, но и подготовить математическую модель этого процесса и оценить возможность трехмерных расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сысоева М.О., Галенко Ю.А., Кудряшова О.Б., Сыпин Е.В. Численное исследование горения метана в лабораторной трубе // Ползуновский вестник №1. – 2018. – с. 94-99.
2. Красильников А.В., Макаревич Г.А., Михайлов А.В. Экспериментальное исследование сверхзвукового горения водорода // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – №4 (3). – с. 889-890.
3. Албегов Р.В., Виноградов В.А., Шихман Ю.М. Горение метана при различных схемах впрыска в воздушный поток с большими дозвуковыми скоростями // Физика горения и взрыва. – 2016. – Т. 52, №1. – с. 18-29.
4. Alavandi S.K., Agrawal A.K. Experimental study of combustion of hydrogen-syngas/methane fuel mixtures in a porous burner // International journal of hydrogen energy 33. – 2008. – 1407-1415.
5. Буравцев Н.Н., Колбановский Ю.А., Россихин И.В., Билера И.В. Влияние дополнительного источника турбулентности в проточной камере сгорания на режим горения богатых метаноокислородных смесей // Химическая физика. – 2019. – том 38, №3. – с. 30-36.

ОБ АВТОРЕ

СИДОРЕНКО Анастасия Владимировна, бакалавр 3-го курса ФАДЭТ.

METADATA

Title: Analysis of stands for research of combustion.

Author: A. V. Sidorenko

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: Sidorenko-nastua4142@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (26), pp. 64-69, 2022. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract. The article presents an analysis of existing stands for gas combustion, indicating their advantages and disadvantages. Based on the analysis, a stand was developed that allows one to study gas combustion, build a mathematical model of this process and evaluate the possibility of three-dimensional calculations.

Key words: stand; analysis; gas combustion; experimental study of combustion; study of gas combustion; gas-air mixture; experimental setup.

About author:

SIDORENKO, Anastasia Vladimirovna, bachelor-student 3 course, Faculty of Aircraft Engines, Energy and Transport.