

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГОРЮЧИХ ДОБАВОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫГОРАНИЯ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ КЕРОСИНА

А.С. Зайцева

Томский политехнический университет, ИШЭ, группа 5Б23

Научный руководитель: К.К. Паушкина, инженер-исследователь ИШФВП

Введение

Керосин ТС-1 – жидкое топливо, которое используется в авиации благодаря своим уникальным свойствам. Широкое применение керосина ТС-1 в современной авиации обеспечивает надежную работу двигателей, так как данное топливо обладает низкой температурой замерзания, высокой энергетической плотностью, стабильными физико-химическими характеристиками [1], что делает его идеальным топливом для реактивных двигателей. Несмотря на то, что ТС-1 является высококачественным топливом, он всё же имеет ряд проблем, которые могут затруднять его использование. Одна из главных – негативное влияние на окружающую среду. Сжигание керосина приводит к выбросам парниковых газов, включая углекислый газ и метан, способствующих глобальному потеплению [1]. Другая существенная проблема связана с изменением свойств керосина под воздействием высоких температур, что влияет на работу двигателей. Кроме того, воздействие факторов внешней среды на топливо увеличивает риск его окисления и уменьшает длительность хранения. Для решения проблемы использования чистого керосина, необходимо исследовать изменения его характеристик при применении различных добавок.

В ходе изучения данной темы, было проанализировано несколько научных статей, посвященных возможности использования керосина ТС-1 с различными добавками при низких температурах [2] и влиянию влажности на качество реактивного топлива [3]. В литературе рассматривается влияние условий хранения на стабильность топлива, поэтому можно сделать вывод, что в рамках рассмотренной тематики нет достоверных данных о влиянии горючих добавок на механизмы и характеристики горения авиационного керосина ТС-1. В работе будут рассмотрены основные аспекты, связанные с введением в керосин различных горючих добавок, которые могут влиять на характеристики его выгорания.

Целью работы является экспериментальное определение характеристик выгорания капель составов на основе керосина ТС-1 с различными горючими добавками в условиях нагрева в муфельной печи.

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи: приготовить составы на основе керосина ТС-1 с различными горючими добавками; провести эксперименты по зажиганию и горению составов в условиях лучистого нагрева и избытка кислорода на примере одиночных капель; обработать полученные данные, проанализировать результаты; сформулировать выводы по проделанной работе.

Методика проведения исследования

Исследования проводились в рамках хорошо апробированной методики [4] на экспериментальном стенде (рис. 1). Стенд состоит из перчаточного бокса, в котором создаются необходимые условия для проведения экспериментов. Бокс содержит следующее оборудование: газоанализатор, который контролирует содержание кислорода; муфельную печь, которая моделирует условия нагрева в камере сгорания ($T_g=800\text{ }^{\circ}\text{C}$); координатный механизм для введения капли в муфельную печь; высокоскоростная видеокамера для регистрации параметров горения капли топлива; ПК с программным обеспечением для управления основным оборудованием и регистрации параметров горения.



Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Приготовление топливных составов осуществлялось с применением группы дополнительных (горючих) компонентов: изобутиловый спирт (массовая доля основного вещества не менее 99,5 %, CAS: 78-33-1), далее – спирт; ацетилдиметиламин (массовая доля основного вещества не менее 99,8 %, CAS: 127-19-5), далее – полимер; о-карборан (CAS: 16872-09-6), далее – борсодержащая добавка; Span 80 (CAS: 1338-43-8), далее – ПАВ.

Топливные составы на основе керосина ТС-1, представленные в табл. 1, получали путем смешивания в ультразвуковой ванне (ПСБ-Галс, Россия) мощностью 150 Вт с частотой 35 кГц в течение 1 ч. В процессе гомогенизации температура ультразвуковой ванны не превышала 50 °С. Для приготовления топливных составов использовались закрытые емкости и аналитические весы ViBRA HT 84RCE 2 (Vibra, Япония) с дискретностью 0,00001 г.

Таблица 1. Составы, участвующие в экспериментальном исследовании

№	Состав
1	Керосин ТС-1 100 %
2	Керосин ТС-1 95 % + борсодержащая добавка 5 %
3	Керосин ТС-1 95 % + полимер 5 %
4	Керосин ТС-1 95 % + изобутиловый спирт 5 %

Для проведения эксперимента в рабочей камере перчаточного бокса поддерживалась концентрация кислорода 25 %. Далее муфельная печь нагревалась до температуры равной 800 °С. С помощью высокоточного электронного одноканального дозатора, капля объемом 5 мкл помещалась на держатель, который в свою очередь на координатном механизме вводился в предварительно разогретую муфельную печь.

Проведена серия из 5 экспериментов, по результатам которых регистрировалась группа характеристик для каждого топливного состава: время задержки зажигания; время выгорания; площадь выгорания. Обработка полученных видеозаписей проводилась в программном обеспечении «ТЕМА Automotive». Алгоритм обработки видеозаписи измерял значения оттенков серого (от 0 до 255 – от черного до белого соответственно) покaдpовo, в каждой точке (пикселе) области видеорегистрации. На видео покaдpовo отслеживалась область горения топлива, далее количество пикселей в отслеживаемой области автоматически пересчитывалась в значение площади, используя масштабный коэффициент.

Результаты

На рис. 2 приведены видеogramмы зажигания и горения одиночных капель, рассматриваемых в работе жидких топлив (табл. 1) в высокотемпературной неподвижной среде при 800 °С в муфельной печи при концентрации кислорода 25 %.

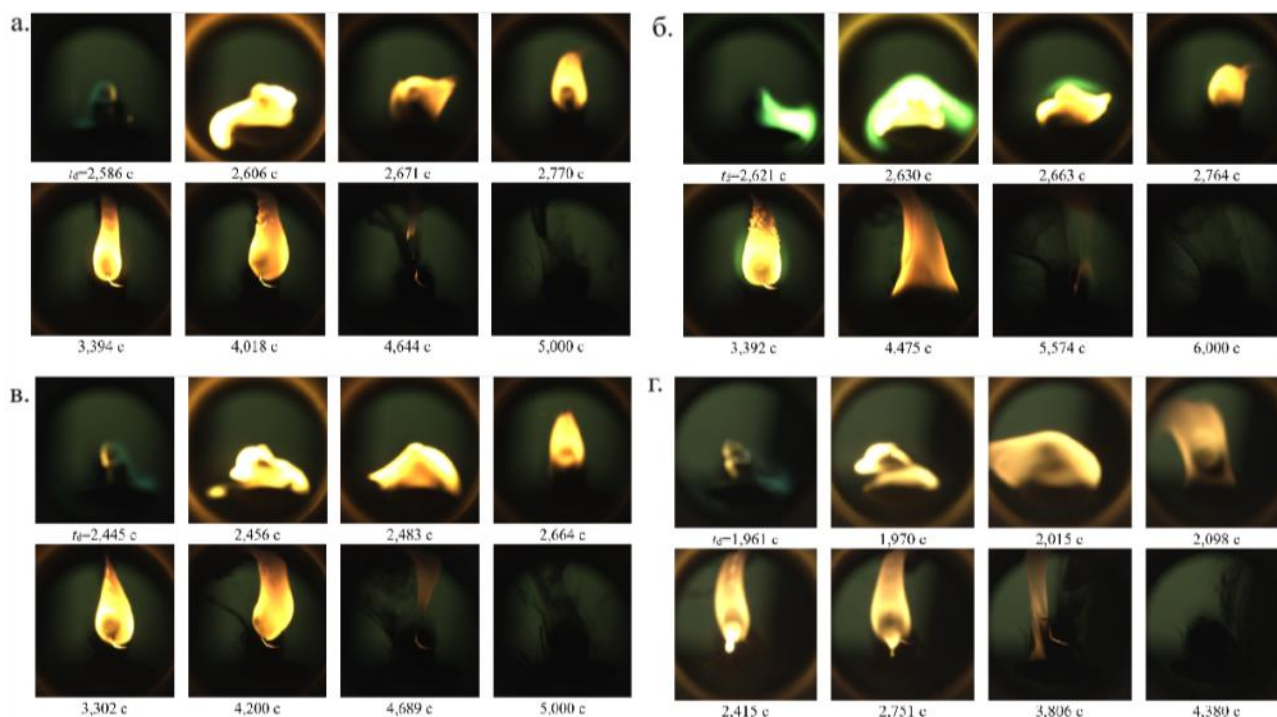


Рис. 2. кадры зажигания и горения капли топлива:
а – керосин ТС-1 100 %; б – керосин ТС-1 100 % + борсодержащая добавка 5 %;
в – керосин ТС-1 100 % + спирт 5 %; г – керосин ТС-1 100 % + полимер 5 %

Выгорание капли керосина ТС-1 без добавок происходит монотонно (рис. 2, а). При добавлении 5 % борсодержащей добавки к ТС-1 цвет пламени приобретает зеленый оттенок (рис. 2, б). Добавление 5 % изобутилового спирта к керосину не вносит существенных изменений в механизмы зажигания и горения капли топлива (рис. 2, в). При горении капли топлива, содержащей ТС-1 и горючий полимер, происходит процесс паффинга (рис. 2, г) за счет возникновения разности температур на границе раздела двух жидкостей. Стоит отметить, что при выгорании топлив в полости муфельной печи образуется сажа (рис. 2).

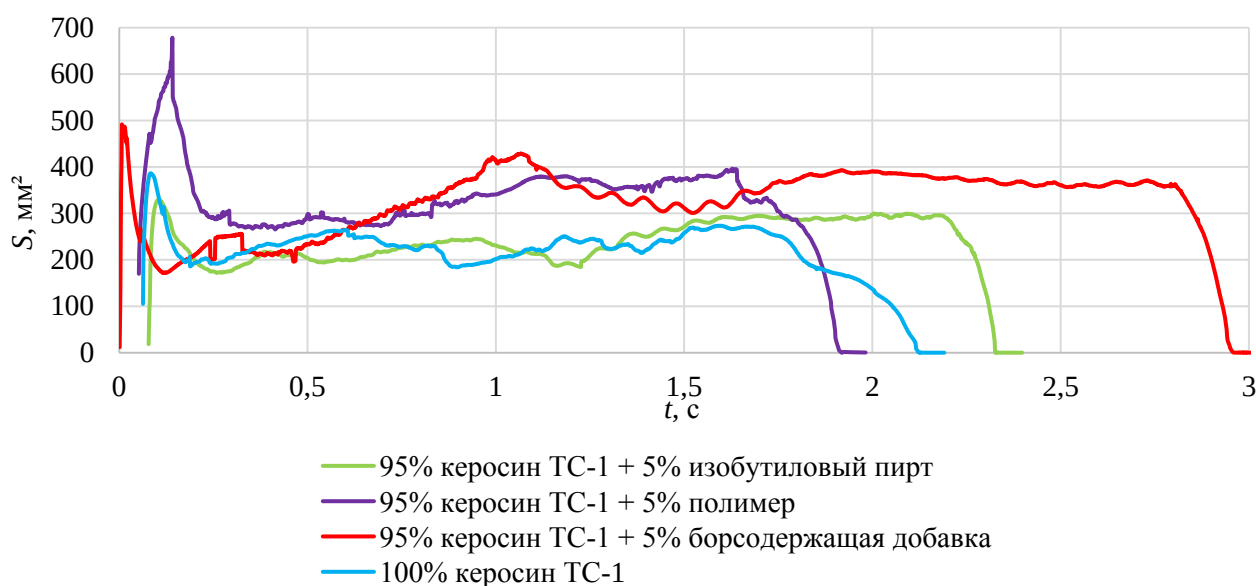


Рис. 3. Зависимость площади области выгорания капель исследованных топливных составов от времени

На рис. 3 изображен график изменения площади выгорания от времени. С его помощью можно провести анализ, как исследуемые добавки влияют на длительность горения и размер области выгорания одиночной капли топлива по сравнению с керосином ТС-1 без дополнительных компонентов.

Длительность горения: добавка 5 % изобутилового спирта к керосину ТС-1 увеличивает длительность горения на 18,8 %; борсодержащая добавка – на 49,2 %; горючий полимер уменьшает на 1,8 %.

Площадь выгорания составов: борсодержащая добавка к керосину ТС-1 увеличила площадь выгорания на 49,5 %; горючий полимер – на 48,9 %; изобутиловый спирт – на 9,5 %. Все добавки показали увеличение средней площади области выгорания по сравнению с исходным керосином без добавок. Наибольшего относительного увеличения площади удалось добиться при добавлении борсодержащей добавки и добавки горючего полимера.

Заключение

Экспериментально определены характеристики выгорания капель составов на основе керосина ТС-1 с различными горючими добавками в условиях нагрева в муфельной печи. Использование ряда горючих добавок значительно влияет на характеристики выгорания керосина ТС-1. В зависимости от типа использованной добавки была отмечена интенсификация процессов выгорания керосина ТС-1. Борсодержащая добавка к керосину ТС-1 увеличивает площадь выгорания капли топлива на 49,5 %. Добавка горючего полимера демонстрирует значительное увеличение площади выгорания (на 48,9 %) и уменьшение длительности горения (на 1,8 %) одиночной капли топлива. Добавка изобутилового спирта в сравнении с борсодержащей добавкой и добавкой горючего полимера улучшает энергетические характеристики топлива (площадь выгорания и длительность горения) незначительно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов М.В. Путь авиационного керосина до самолета // Молодой ученый. – 2021. – Т. 374. – № 32. – С. 10–12.
2. Арчакова Р.Д., Ужахова Л.Я., Китиева Л.И. Влияние влажности на качество реактивного топлива // Endless light in science. – 2022. – № 3. – С. 120–124.
3. Лозинский Е.Н., Лозинский Н.С. Об улучшении низкотемпературных свойств топлива дизельного топливом ТС-1, бензином или коммерческими депрессорно-диспергирующими присадками // Вестник Донецкого национального технического университета. – 2018. – № 3. – С. 64–71.
4. Глушков Д.О., Паушкина К.К., Плешко А.О., Яновский В.А. Воспламенение и горение частиц гелевого топлива с металлическими и неметаллическими добавками // Acta Astronautica. – 2023 – Т. 202. – С. 637–652.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ

Е.М. Иванова

Новосибирский государственный технический университет, ФЭН, каф. АЭЭС

Научный руководитель: Ф.Л. Бык, к.т.н., доцент, каф. АЭЭС НГТУ

Введение

По данным Росстат в 2024 году в России насчитывается 1119 муниципальных образований со статусом города, из них 72 и 13 % относятся к малым и средним городам (МСГ), где проживает четверть населения страны. При этом уровень жизни в МСГ значительно уступает уровню в крупных и крупнейших городах. Во многом это обуславливается недостатками