

СОЗДАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИОГЕННОГО ТОПЛИВА В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

З.Ю. Круглова, магистрант¹, генеральный директор²

Научный руководитель: Л.Ф. Отверченко¹, канд. социол. наук, доцент

¹Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, Высшая школа аэронавигации

²ООО «Канопус Групп»

(Россия, г. Санкт-Петербург)

DOI:10.24412/2500-1000-2022-3-2-140-143

***Аннотация.** Производство авиационных двигателей стремительно развивается. В рамках ужесточения экологических требований и ограниченных технических возможностей авиастроители активно ищут пути выхода на новый уровень качества с точки зрения эффективности турбореактивных двигателей. В данной статье представлены результаты анализа и исследований по использованию низкотемпературных топлив в авиационных турбореактивных двигателях и возможные пути разработки авиационных турбореактивных двигателей.*

***Ключевые слова:** авиация, криогенные топлива, инфраструктура, эффективность, турбореактивные двигатели.*

Производство авиационных двигателей стремительно развивается. Основным источником этой разработки является совершенствование технических решений и приближение к идеальному циклу турбореактивных двигателей (турбореактивных двигателей). Традиционным топливом для турбореактивных двигателей является топливо TS-1 и его зарубежные аналоги. Криогенное топливо имеет очень сложные требования к хранению, обращению и транспортировке, что делает невозможным его широкое использование в гражданской авиации. Использование в качестве авиационного топлива различных газов (водорода, метана, пропана и др.) позволит получить на летательных аппаратах (ЛА) много преимуществ:

- уменьшить запас топлива на борту;
- осуществить эффективное охлаждение двигателя, поднять температуру газа перед турбиной и повысить, тем самым, КПД силовой установки;
- создать комфортные тепловые условия работы бортового оборудования, способствуя повышению его надежности и снижению массы.

Однако использование различных газовых топлив может существенным образом повлиять на конструкцию, энергетику,

экономику и эксплуатационные особенности ЛА. Причем чем ниже температура кипения и уже температурный диапазон жидкого состояния исследуемого газа, тем большее количество проблем придется решать при проведении НИОКР и, следовательно, тем дороже будет обходиться его практическое внедрение.

В настоящее время даже частичный перевод авиации на криогенное топливо, такое как водород и метан, представляет собой сложную научную, техническую и организационную проблему. Все это требует довольно больших затрат на решение прочностных, материаловедческих, конструкционных, температурных, аэродинамических, эксплуатационных, аэродромных, транспортных и других задач с учетом их реализации при низком (криогенном) уровне температур.

В настоящее время, в условиях ограниченных финансовых ресурсов, нашей стране необходимо построить новую инфраструктуру, связанную с внедрением газотопливных технологий в гражданской авиации, а также оценить имеющиеся финансовые возможности и эффект, в том числе коммерческий, который можно получить от реализации достигнутых результатов.

В то же время многие эксплуатационные особенности использования газового топлива, связанные с хранением и охлаждением перед заправкой, с охлаждением бортовых баков, с заправкой, с элементами безопасности при обращении и т.д., легче, проще и дешевле исследовать при более высоком уровне температуры (используя этот уровень в качестве модели топлива с более низкой температурой кипения). Поскольку жидкий водород имеет более чем в 10 раз меньший удельный вес, чем керосин, использование водородного топлива может привести к снижению взлетной массы самолета до 30% [9].

Водород требует топливных баков значительно большего объема, чем керосин, а это приводит к увеличению габаритных размеров самолета и, соответственно, увеличению аэродинамического сопротивления. Самолет, работающий на водородном топливе, вероятно, был бы примерно на 7 м длиннее своего традиционного аналога [8]. Стоит отметить ряд недостатков, которые были выявлены на опытных образцах самолетов. Приведенные выше летательные аппараты имеют ограничение по пассажироместимости и мощности двигателей. Применяемые двигатели являются электрическими. С одной стороны, они просты в использовании и обслуживании. С другой – уступают по удельной мощности авиационным ГТД. Причем в расчет удельной мощности электродвигателей не включается вес топливных ячеек, которые являются неотъемлемой частью двигательной установки. Модель авиационного электродвигателя может быть применена при создании самолетов со взлетной массой более 2-х тонн. Т.е. на сегодняшний день выявляется еще один недостаток авиационных электродвигателей – ограничение по тяге. Для использования в пассажирской авиации такое ограничение носит принципиальный характер. Поэтому усилия межгосударственных проектов сконцентрированы на создание новой газотурбинной установки на криогенном топливе.

Еще одной научно-технической задачей при создании инфраструктуры при переходе на криогенное авиационное топливо

является оптимизация способов хранения водорода и СПГ на борту самолета. Для СПГ определен один наиболее подходящий способ – в жидком виде. Такой вариант не потребует принципиальных изменений в конструкции самолетов, т.к. удельный объем СПГ чуть более 1,5 раз превышает удельный объем авиационного керосина. С хранением жидкого водорода на борту возникают сложности.

Хранить водород можно в низкотемпературной форме, но требуется очень низкая температура. Температура фазового равновесия при нормальном атмосферном давлении составляет 14 К. Хранение водорода при этой температуре требует специальных теплоизоляционных покрытий и материалов.

Хотя жидкий водород имеет преимущества в качестве топлива, у него также есть много недостатков, которые проявляются при его использовании:

1. Хранение жидкого водорода требует улучшенной теплоизоляции;

2. Давление в топливном баке с жидким водородом все еще должно быть повышено до 2 бар;

3. Заправочное оборудование должно предотвращать попадание водорода из воздуха в топливный бак, поскольку при температуре хранения жидкого водорода состав воздуха уже будет находиться в твердом состоянии и может повлиять на работу всей топливной системы;

4. Только с помощью гелия можно очистить топливопровод для удаления воздуха.

Хранение водорода в самолетах возможно не только в чистом виде. В качестве варианта хранения автор рассмотрел химический способ, то есть хранение водорода в виде его химического соединения. Гидриды металлов – это соединения металлов с водородом. Эти соединения могут быть использованы в качестве накопительных механизмов, обладающих способностью поглощать и выделять водород. Современные гидриды металлов технического уровня могут удерживать около 5-7% водорода, равного их весу. Это серьезный недостаток, поскольку вес металлической смеси будет чрезмерным для авиаци-

онной техники. Другим вариантом химического хранения водорода являются углеродные нанотрубки. Они представляют собой трубчатые углеродные структуры размером 2 нм. Теоретически эти структуры могут накапливать газообразный водород в трубчатой структуре. Что касается авиации, то этот метод также неприменим из-за его высокого качества. Стекланые микросферы – это самый современный способ хранения водорода. К недостаткам их коллективного использования в авиации относятся сложность технологии, в которой они используются, и неразвитость инфраструктуры аэропортов, используемой для этих целей.

Создание газотурбовозов очень перспективно, но реализация идеи потребует огромных инженерных работ. Авиационные турбины, которые будут установлены на газотурбинных локомотивах, отличаются от традиционных железнодорожных двигателей с точки зрения параметров, методов применения и требований, предъяв-

ляемых к ним. В дополнение к хранению водорода на самолетах необходимо внести изменения. Или водород можно производить непосредственно в аэропорту. СПГ также имеет аналогичные требования к хранению, но они не столь строги.

Поэтому ключом к запуску и распределению водорода на самолетах является решение проблем хранения и производства и реализация технологического прогресса в этой области.

По сравнению с водородом, СПГ не так экологичен, как водород при сжигании, но его намного дешевле производить, транспортировать и хранить. Поскольку экономическая эффективность играет важную роль в современной авиационной промышленности, более целесообразно использовать сжиженный природный газ на уровне современных технологий. Существует также взгляд на водород как на топливо, который определяется уровнем технических решений по его производству, транспортировке и хранению.

Библиографический список

1. Борьба с изменениями климата. Генсек ООН одобрил предложение ИКАО о сокращении выбросов CO₂ самолетами. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/2653037>
2. ЦИАМ в ИКАО: история и современность. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ciam.ru/press-center/news-partners-and-cm/ciam-icao-history-and-modernity/?sphraseid=55337>
3. Ben R. Rich. Lockheed CL-400 Liquid Hydrogen-Fueled Mach 2.5 Reconnaissance Vehicle. A Statement by Col. Norman C. Appold of the Sun Tan Project Office-Dec. 1958
4. Liquid Hydrogen as a Propulsion Fuel, 1945-1959. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://history.nasa.gov/SP-4404/ch8-9.htm>
5. 50 лет первым в нашей стране испытаниям авиадвигателя на водороде. 27 Октября 2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ciam.ru/press-center/news/50-years-of-the-first-soviet-testing-of-an-aircraft-engine-on-hydrogen/>
6. Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE), "Flight path 2050 Europe's vision for aviation", Report of the High-Level Group on Aviation Research, Publication Office of European Union, 2011, ISBN 9789279197246
7. Hu W., Lin J., Zeng X.Yu. Profiling the microbial contamination in aviation fuel from an airport. Biofouling. 2019. №35 (8). P. 1-14.
8. Ugurlu, S. Oztuna. A comparative analysis study of alternative energy sources for automobiles. International Journal of Hydrogen Energy. 2015. №40 (34)
9. Rondinelli A., Gardi R., Kapoor R. Sabatini. Benefits and challenges of liquid hydrogen fuels in commercial aviation. International Journal of Sustainable Aviation. 2017. №3 (3). P. 200.

CREATION OF INFRASTRUCTURE FOR THE USE OF CRYOGENIC FUEL IN CIVIL AVIATION

Z.Yu. Kruglova, Graduate Student¹, General Manager²

Supervisor: *L.F. Otverchenko*¹, Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor

¹St. Petersburg State University of Civil Aviation, Higher School of Air Navigation

²Canopus Group LLC

(Russia, St. Petersburg)

***Abstract.** The production of aircraft engines is developing rapidly. As part of the tightening of environmental requirements and limited technical capabilities, aircraft manufacturers are actively looking for ways to reach a new level of quality in terms of the efficiency of turbojet engines. This article presents the results of analysis and research on the use of low-temperature fuels in aviation turbojet engines and possible ways to develop aviation turbojet engines.*

***Keywords:** aviation, cryogenic fuels, economic efficiency, turbojet engines.*