

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕПЦИЙ БАЗОВЫХ ОБЛИКОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СВЕРХЗВУКОВЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОПЫТА ЗАРУБЕЖНЫХ РАЗРАБОТЧИКОВ

Алендарь А.Д., Грунин А.Н., Силуянова М.В.
Московский авиационный институт, г. Москва, dc2mati@yandex.ru

Ключевые слова: сверхзвуковой летательный аппарат, ТРДД, двигатель изменяемого цикла, комбинированная силовая установка.

Работа содержит результаты исследования концепций базовых обликов перспективных двигателей для сверхзвуковых гражданских летательных аппаратов (ЛА), проведенного в целях формирования прогноза развития авиационной техники с учетом опыта зарубежных разработчиков. Выбор рационального облика двигателя может быть сделан только в ходе исследований в составе ЛА в рамках междисциплинарной оптимизации, так как помимо уровня технологий на облик двигателя значительное влияние оказывают проектные параметры ЛА, наиболее критическим из которых является число Маха крейсерского полета.

Анализ зарубежных разработок в области двигателей для сверхзвуковых гражданских самолетов показал, что для ЛА с числом Маха крейсерского полета до 1,2 наиболее рациональным является ТРДДсм традиционной схемы с умеренным значением степени двухконтурности и нерегулируемым суживающимся соплом [1]. Для самолетов с числом Маха крейсерского полета 1,4–1,8 в качестве основного кандидата рассматривается традиционный ТРДДсм с регулируемой площадью критического сечения сопла, который является простейшей схемой, позволяющей достичь оптимального согласования крейсерского и взлетного режимов двигателя. Применение такой схемы позволяет перемещать рабочую точку на характеристике вентилятора для лучшего согласования режимов работы двигателя в различных полетных условиях. Однако ограничение диапазона регулирования сопла сужает возможности улучшения характеристик двигателя [2].

В рамках исследовательских программ, проводимых в США, Европе и России, для обеспечения комплекса характеристик во всем диапазоне эксплуатационных режимов двигателей сверхзвуковых гражданских самолетов с крейсерским числом Маха 1,5–3,0 ожидается применение схем двигателей изменяемого цикла (ДИЦ) с большим количеством варьируемых параметров. Рассматривается возможность расширения диапазона регулирования двигателя за счет применения в ТРДДсм традиционной схемы регулируемого смесителя (ТРДДРС) и широкого регулирования выходного тракта для управления степенью двухконтурности, а также за счет увеличения числа контуров, которое, как правило, требует отказа от традиционной схемы турбомашин и использования таких решений, как двухуровневый вентилятор Flade, двухкаскадный вентилятор SplitFan, их взаимной комбинации АСЕ и пр. Использование нетрадиционной схемы турбокомпрессора рассматривается и в схеме двухконтурного двигателя МТФ (Mid-TandemFan) [3].

Дальнейшее увеличение числа Маха крейсерского полета обуславливает переход от традиционных газотурбинных схем двигателей к комбинированным силовым установкам (КСУ). Облик СУ для высокоскоростных ЛА условно можно разделить следующим образом: СУ с $M = 3,5-4$ на базе традиционных ТРД(Ф)/ТРДД(Ф) [4]; комбинированные СУ с $M = 4-5$ на базе ТРДД коаксиальной схемы с общей форсажно-прямоточной камерой сгорания или параллельной схемы с совместной работой прямоточного и газотурбинного контуров и переходом на прямоточный режим с некоторого числа M [5]; комбинированные СУ с $M = 5-6$ на основе механического сочетания различных типов двигателей (ГТД, ПВРД, ЖРД), каждый из которых обеспечивает оптимальные характеристики в ограниченном диапазоне скоростей полета [6]. Проведенный анализ возможных технических решений КСУ показал, что создание в ближней перспективе подобных сверхзвуковых ЛА возможно только с использованием

перспективных технологий и материалов. Также выявлено, что наиболее вероятной схемой КСУ в плане технической реализации является турбопрямоточная СУ. Оценка затрат времени на полет для пассажиров трансконтинентальных ЛА свидетельствует о выборе крейсерского числа Маха $M = 4-5$ и подтверждается зарубежными проектами. Рассмотрение применения разных видов топлива для КСУ показало, что наиболее целесообразно использовать керосин и исследовать возможности применения эндотермического топлива, сжиженного природного газа и водорода.

Необходимо отметить, что негативной стороной увеличения числа контуров и использования нетрадиционных схем силовых установок является значительное увеличение сложности, и, как следствие, массы, стоимости и, возможно, размеров СУ. Сложные схемы турбомашин, широкое регулирование узлов, а также применение комбинированных схем СУ могут понизить их эффективность на определенных режимах, а также привести к дополнительным утечкам воздуха. Уровень технологической готовности большинства регулируемых узлов достаточно низок и рассмотрение данных схем двигателей в рамках ближней перспективы влечет значительное увеличение технических и экономических рисков. Выполнение исследований такого уровня сложности и неопределенности наиболее эффективно в рамках международных программ в кооперации с передовыми предприятиями и научными организациями отрасли.

Список литературы

1. Sum Y, Smith H. Review and prospect of supersonic business jet design. Progress in Aerospace Sciences, Vol. 90, April 2017, pp. 12-38. DOI: 10.1016/j.paerosci.2016.12.003.
2. Vladimir D.Korovkin, Vladimir E.Makarov .CIAM. Engine Concepts for Future Quiet SSBJ in HISAC Project. HISAC 2009 Conference. Paris, June 18th, 19th.
3. Korovkin, V. (CIAM), Makarov, V. (CIAM), Galerneau, M. (Dassault Aviation) and Coat, P. (Snecma). An Approach To Multidisciplinary Definition Of Variable Cycle Turbofan For Future Supersonic Business Jet. ISABE-2009-1239. Montreal, 2009.
4. Suder K.L. TBCC Fan Stage Operability and Performance. NASA FAP 2007 Annual Meeting. New Orleans, Oct.30 – Nov.1, 2007
5. Hermeus To Develop Hypersonic Jet That Flies From New York To London In 90 Minutes. <https://www.ubergizmo.com/2019/05/hermeus-hypersonic-jet-fly-new-york-london-90-minutes>.
6. Wei Baoxi, Ling Wenhui, Luo Feiteng, Gang Qiang Propulsion Performance Research and status of TRRE Engine experiment International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conferences 6-9 March 2017, Xiamen, China AIAA 2017-2351.

Сведения об авторах

Алендарь Артем Дмитриевич, аспирант. Область научных интересов: рабочий процесс авиационных газотурбинных двигателей и силовых установок сверхзвуковых ЛА.

Грунин Антон Николаевич, аспирант. Область научных интересов: рабочий процесс авиационных газотурбинных двигателей и комбинированных силовых установок.

Силуянова Марина Владимировна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры ТПЭДЛА. Область научных интересов: комплексные исследования силовых установок с ГТД.

RESEARCH OF THE ENGINE BASIC CONCEPTS FOR SUPERSONIC CIVIL AIRCRAFT BASED ON ANALYSIS OF FOREIGN DEVELOPERS EXPERIENCE

Alendar A.D., Grunin A.N., Siluyanova M.V.

Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia, dc2mati@yandex.ru

Keywords: supersonic aircraft, turbofan, variable cycle engine, combined propulsion system.

The work contains the results of a study of the basic concepts of engines for supersonic civil aircraft. Promising engines schemes are noted as well as risks of their use.