

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ОПТИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРДД С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА

Омар Х.Х.О., Кузьмичев В.С., Филинов Е.П.

Самарский университет, г. Самара, dr.hewa.omar@gmail.com

Ключевые слова: регенерация тепла, термодинамический цикл, математическая модель, оптимизация, критерий, параметры рабочего процесса, степень регенерации, двухконтурный газотурбинный двигатель.

Непрерывное повышение топливной эффективности двигателей летательных аппаратов является главной мировой тенденцией современного двигателестроения. К настоящему времени авиационные газотурбинные двигатели достигли высокой степени термодинамического и конструктивно-технологического совершенства. Одним из перспективных способов дальнейшего улучшения их топливной эффективности является применение сложных термодинамических циклов с регенерацией тепла выхлопных газов за турбиной и с промежуточным охлаждением в процессе сжатия воздуха [1-3].

Для расчета газотурбинных двигателей с регенерацией тепла были разработаны алгоритмы теплового, гидравлического расчетов и расчета массы эффективного пластинчатого теплообменника [4].

Разработанные интегрированные математические модели и алгоритмы термодинамического расчета рабочего процесса узлов двигателей реализованы в автоматизированной САЕ-системе АСТРА и предназначены для создания автоматизированных средств оптимизации параметров ГТД с регенерацией тепла [5].

Для исследований в качестве двигателей с регенерацией тепла в данной работе выбраны:

- двухвальный двухконтурный турбореактивный двигатель с рекуператором в системе ЛА;
- трёхвальный двухконтурный турбореактивный двигатель с рекуператором и интеркулером в системе ЛА.

В ходе работы был проведен анализ влияния различных факторов на оптимальные значения параметров рабочего процесса и критериев оптимизации ТРДД с регенерацией тепла: влияние схемы турбокомпрессора ТРДД; влияние смещения потоков наружного и внутреннего контуров; влияние потерь давления в каналах теплообменника; влияние скорости потока в каналах теплообменника; влияние дальности полёта самолета.

Анализ влияния схемы турбокомпрессора ТРДД с рекуператором показал, что оптимальные значения параметров рабочего процесса и критериев оценки M_{cy+T} , $C_{T,km}$ для схемы трехвального ТРДД и двухвального ТРДД с рекуператором практически совпадают.

Анализ влияния смещения потоков наружного и внутреннего контуров ТРДД с интеркулером и рекуператором показал, что оптимальные значения M_{cy+T} , $C_{T,km}$ и оптимальные значения параметров рабочего процесса трехвального ТРДД со смещением потоков внутреннего и наружного контуров и без смещения потоков практически совпадают.

Анализ влияния потерь давления в теплообменнике ТРДД с интеркулером и рекуператором показал, что оптимальные значения критериев M_{cy+T} , $C_{T,km}$ при переменном значении потерь давления $\sigma_{T0} = var$ меньше, чем при постоянном значении потери давления в теплообменнике.

Анализ влияния скорости потока в теплообменнике трехвального ТРДД с интеркулером и рекуператором показал, что с ростом скорости газа в теплообменнике, с одной стороны, уменьшается масса теплообменника и, с другой стороны, увеличиваются гидравлические потери в каналах теплообменника. Эти два фактора оказывают противоположное влияние на

значения критериев оптимизации. Проведенные исследования по влиянию скорости газа на значения критериев, показали, что оптимальные значения скорости газа в каналах теплообменника лежат в пределах $C_r = 50 \dots 60$ м/с.

Анализ влияния дальности полёта ЛА на оптимальные значения параметров и критериев оптимизации трехвального ТРДД без и с регенерацией тепла показал, что оптимальное значение критериев M_{cy+T} ТРДД с регенерацией тепла меньше, чем у ТРДД без регенерации тепла, причем с ростом дальности полета эта разница возрастает. Это означает, что эффект от применения регенерации тепла в ТРДД возрастает с ростом дальности полета самолета.

Список литературы

1. Палкин В.А. Обзор работ в США и Европе по авиационным двигателям для самолетов гражданской авиации 2020...2040-х годов // Авиационные двигатели. 2019. №3 (4). С. 63–83.
2. Zhang C., Gümmer V. High temperature heat exchangers for recuperated rotorcraft powerplants // Applied Thermal Engineering. 2019. №154. Pp. 548–561. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.03.119>.
3. Chengyu Z., Volker G. The potential of helicopter turboshaft engines incorporating highly effective recuperators under various flight conditions // Aerospace Science and Technology. 2019. №88. Pp. 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.03.008>.
4. Omar H.H., Kuz'michev V.S., Tkachenko A.Yu. Development of novel mathematical models of plate heat exchanger for the task of optimization main parameters of the aviation gas turbine engine with heat recovery // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1745. 012101.
5. Omar H.H., Kuz'michev V.S., Tkachenko A.Yu. Optimization the main thermodynamics parameters of the aviation turbofan engines with heat recovery in the aircraft system // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1745. 012105.

Сведения об авторах

Омар Хева Хуссейн Омар, ассистент. Область научных интересов: рабочие процессы газотурбинных двигателей.

Кузьмичев Венедикт Степанович, д-р техн. наук, профессор. Область научных интересов: рабочие процессы газотурбинных двигателей.

Филинов Евгений Павлович, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: рабочие процессы газотурбинных двигателей.

INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS FOR OPTIMUM VALUES OF WORKING PROCESS PARAMETERS AND EFFICIENCY INDICATORS OF TURBOFAN ENGINE WITH HEAT REGENERATION

Omar H.H., Kuz'michev V.S., Filinov E.P.

Samara National Research University, Samara, Russia, dr.hewa.omar@gmail.com

Keywords: heat recovery, thermodynamic cycle, mathematical model, optimization, criterion, working process parameters, degree of regeneration, two-circuit gas turbine engine.

This work is devoted to the optimization of the parameters of the working process of turbofan engines with heat recovery. Based on the method of multicriteria optimization by numerical modeling in the SSAU – the ASTRA system, the analysis of the influence of various factors on the optimal values of the working process parameters of the turbofan engine and the criteria for evaluating the engine in the system of a medium-haul passenger aircraft has been carried out and presented.