

УДК 629.7

Совершенствование математической модели комбинированной силовой установки с промежуточным теплоносителем в системе охлаждения

Грунин Антон Николаевич^(*)

angrunin@ciam.ru

Алендарь Артем Дмитриевич

adalendar@ciam.ru

ЦИАМ им. П.И. Баранова, Москва, Россия

Аннотация. Работа посвящена совершенствованию математической модели (ММ) комбинированной силовой установки (КСУ) на базе газотурбинного и прямоточного двигателей, параллельной схемы, с промежуточным теплоносителем в системе охлаждения (СО) для высокоскоростных летательных аппаратов (ВЛА) с максимальной скоростью полета, соответствующей числу Маха, равному 5. Представлены иерархическая структура ММ, описание разработанных ММ теплового состояния входного и выходного устройств, а также сформирован облик КСУ данной схемы и рассчитаны ее характеристики на максимальном крейсерском режиме.

Ключевые слова: высокоскоростной летательный аппарат, комбинированная силовая установка, технический облик, система охлаждения, промежуточный теплоноситель

Введение. Ключевым элементом ВЛА с максимальной скоростью полета, соответствующей числу Маха равной 5, является КСУ, состав и компоновочная схема которой определяется целевым назначением ВЛА. Одним из наиболее перспективных вариантов являются КСУ на базе газотурбинного и прямоточного двигателя, именуемые в отечественной литературе как турбо-прямоточные двигатели [1].

Материалы и методы; результаты. С увеличением скорости полета воспринимаемые тепловые потоки элементами КСУ возрастают (при $M=5$ и скоростном напоре 50 кПа температура торможения на входе в СУ имеет значение порядка ~ 1250 К, а в камере сгорания (КС) в 2,5 раза выше) и для обеспечения ее работоспособности необходимы мероприятия по тепловой защите [2]. Для решения этой задачи предлагается применение СО теплонапряженных элементов КСУ с промежуточным теплоносителем, который является «тепловым мостом» между охлаждаемой поверхностью и источником хладоресурса — топливом.

В рамках данной работы осуществлено совершенствование ранее разработанной математической модели КСУ параллельной схемы с промежуточным теплоносителем [3, 4]. Состав математической модели включает в себя блок расчета параметров и характеристик общего плоского регулируемого входного устройства (ВхУ), газотурбинного, прямоточного контура, а также системы охлаждения (СО) с промежуточным теплоносителем. На сегодняшний день в блок СО добавлены ММ расчета теплового состояния ВхУ и вы-

ходного устройства с односторонним расширением. Данные ММ основаны на дифференциальном подходе (пошаговый расчет параметров теплоносителя и температур омываемых поверхностей). Определение термодинамических свойств воздуха основывается на понятии «определяющей температуры». Математическая модель теплового состояния КС дополнена модулем интенсификации теплообмена за счет реакции рекомбинации диссоциированных продуктов сгорания.

Заключение. На основе разработанной ММ сформирован облик КСУ с СО, определены параметры теплоносителя в характерных сечениях СО, температуры поверхностей КСУ и ее интегральные характеристики на максимальном крейсерском режиме.

Список источников

- [1] Ланшин А.И., Соколова О.В., Шихман Ю.М., Шлякотин В.Е. Исследование двигателей силовой установки самолета-разгонщика перспективной многоразовой двухступенчатой авиационно-космической системы. *Авиационные двигатели*, 2022, № 3 (16), с. 29–42.
- [2] Аронов Д.И., Клягин В.А. Перспективные методы организации тепловой защиты гиперзвуковых летательных аппаратов. *Вестник Концерна ВКО «Алмаз-Антей»*, 2021, № 1, с. 52–66. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2021-1-52-66>
- [3] Полев А.С., Грунин А.Н., Шлякотин В.Е., Евстигнеев А.А., Алендарь А.Д. Математическая модель системы охлаждения с промежуточным теплоносителем. *Научно-технический конгресс по двигателестроению (НТКД-2022): сб. тез.* Москва, Буки Веди, 2022, с. 6–8.
- [4] Грунин А.Н., Силуянова М.В. Математическая модель комбинированной силовой установки с двухконтурной системой охлаждения. *Авиация и космонавтика. 21-я Междунар. конф.: тез. конф.* Москва, МАИ (НИУ), 2022, с. 110–111.