

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБОВИНТОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ИНЕРЦИОННОСТИ И РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Алпатов И.В., Боровиков Д.А.¹,

¹ Московский авиационный институт, МАИ, г. Москва, BorovikovDA@mai.ru

Ключевые слова: турбовинтовой двигатель, летательный аппарат, математическое моделирование.

Современные инструменты математического моделирования позволяют решать комплексные задачи авиационной и ракетно-космической техники [1], а также учитывать совместную работу различных систем и их взаимное влияние при различных условиях работы [2]. Развитие инструментов математического моделирования позволяет рассматривать задачу выбора оптимальной силовой установки под задачи летательного аппарата и по его критериям [3].

В данной работе разработана математическая модель турбовинтового двигателя (ТВД) с расчетной мощностью 700 кВт и летательного аппарата (ЛА) с взлетной массой 4800 кг. Модель ТВД учитывала инерционность роторов, тракта газотурбинного двигателя и конечную скорость химических реакций, для управления двигателем использовался ПИД регулятор расхода топлива с переключением закона управления между регулированием температуры газа и регулированием приведенной частоты вращения ротора в зависимости от условий полета и положения РУД. В модель ЛА заложены характеристики аэродинамического сопротивления, подъемной силы и крутящего момента в зависимости от условий полета, ориентации ЛА и положения аэродинамических поверхностей. Также в модель заложена система автоматического управления ЛА, регулирующая положение аэродинамических поверхностей и положения РУД для обеспечения необходимой высоты и скорости полета в соответствии с полетной задачей рис 1.

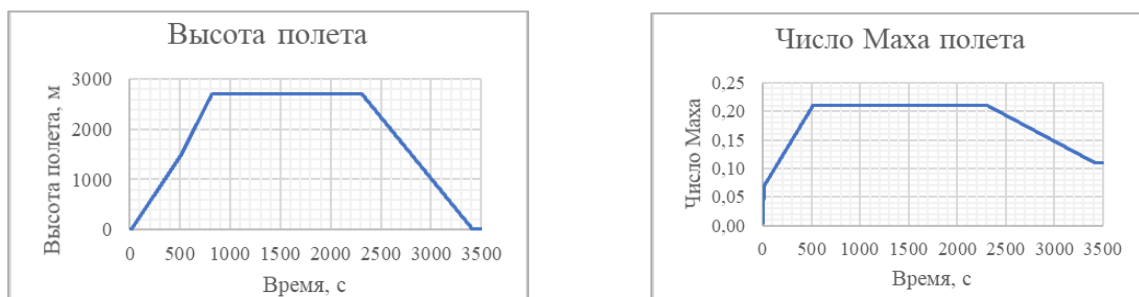


Рисунок 1 – Полетный цикл летательного аппарата

Изменение положения аэродинамических поверхностей приводило к изменению угла атаки ЛА, что обеспечивало поддержание необходимой высоты полета рис.2. Изменение положения РУД обеспечивало изменение расхода топлива ТВД и тяги воздушного винта для поддержания необходимой скорости полета рис. 3.

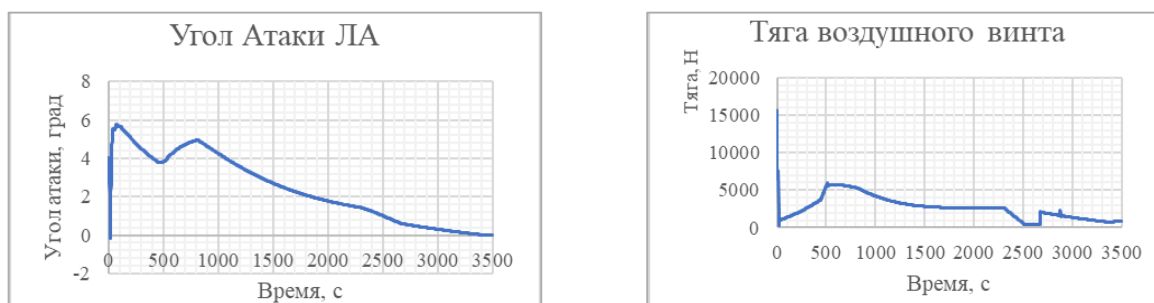


Рисунок 2 – Угол атаки летательного аппарата

Рисунок 3 – Тяга воздушного винта

В результате численного моделирования определялись интегральные показатели силовой установки с учетом работы всех систем. В качестве основных критериев качества силовой установки и согласования ТВД и ЛА рассматривались выбросы вредных веществ рис. 4. и количество израсходованного топлива рис. 5.

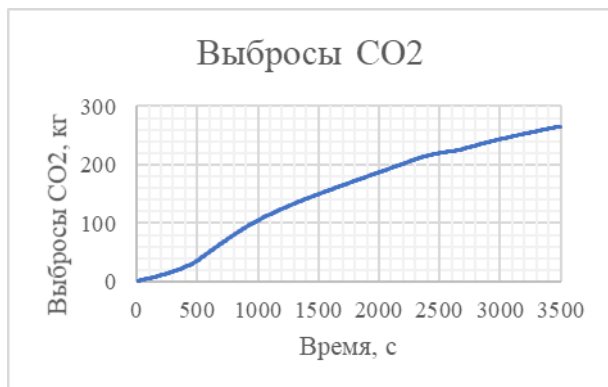


Рисунок 4 – Выбросы CO₂

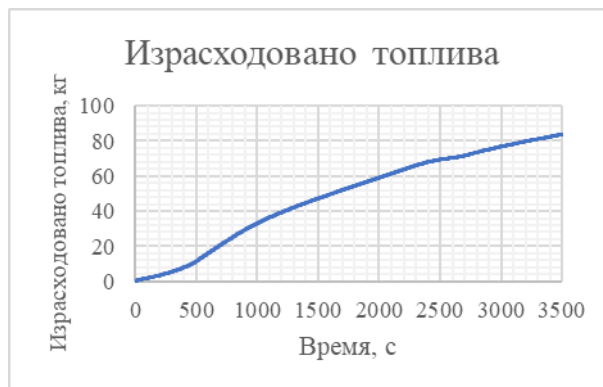


Рисунок 5 – Количество израсходованного топлива

Построенная математическая модель позволяет моделировать полет летательного аппарата с учетом работы ТВД и систем автоматического управления как ТВД, так и ЛА, оценивать их взаимное влияние на результаты выполнения полетной задачи, а также экономические и экологические характеристики летательного аппарата.

Список литературы

1. Хорева Е.А., Эзрохи Ю.А. Обыкновенные математические модели в задачах расчета параметров авиационных ГТД. 2017. № 1. С. 1-14. DOI 10.24108/rdopt.0117.0000059. EDN YMDOSX.
2. Костюков В.М., Капырин Н.И. Модель газотурбинного двигателя и его системы управления для особых значений углов атаки и метеорологических условий. 2011. № 49. С. 41. EDN ОРВКСН.
3. Зиненков Ю.В., Луковников А.В., Агавердыев С.В. Определение оптимальных параметров и схемы двигателя для ударного беспилотного летательного аппарата // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2022. Т. 21, № 3. С. 23-35. DOI: 10.18287/2541-7533-2022-21-3-23-35.

Сведения об авторах

Алпатов И.В., аспирант каф. 205.

Боровиков Д.А., к.т.н., ведущий инженер НИО-201.

MATHEMATICAL MODELING OF A TURBOPROP ENGINE AND AIRCRAFT PERFORMANCE DURING FLIGHT MISSION WITH CONTROL SYSTEM INFLUENCE

Alpatov I.V., Borovikov D.A.¹

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia,

¹ BorovikovDA@mai.ru

Keywords: turboprop engine, aircraft, mathematical modeling.

The work is devoted to joint influence analysis of a turboprop engine, aircraft and control system during flight mission. The engine emission and fuel consumption is calculated.