

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ САМОЛЁТОВ МЕСТНЫХ ВОЗДУШНЫХ АВИАЛИНИЙ

Равикович Ю.А.¹, Иванов И.Г.¹, Боровиков Д.А.¹

¹Московский авиационный институт, г. Москва, ilia@nio203.ru

Ключевые слова: гибридная силовая установка, гибридный летательный аппарат, самолет местных воздушных линий, турбовинтовой двигатель, турбовальный двигатель, вспомогательная силовая установка, математическое моделирование.

Использование гибридных силовых установок (далее ГСУ) в авиации является актуальной темой в связи с растущим спросом рынка гражданской авиации. Одним из толчком развития данного направления станет создание и вывод на авиационный рынок первых пассажирских самолетов, созданных с целью обеспечения аэромобильности в городской среде [1]. Не менее востребованными будут являться самолеты местных воздушных авиалиний, которые предназначены для выполнения полетов по авиационным маршрутам до 750 км и перевозки не более 15 пассажиров [2]. При разработке проектов ГСУ рассматривается множество возможных схем, отличающихся между собой различными массогабаритными показателями, а также надежностью и топливной эффективностью [3].

В данной работе разработана математическая модель ГСУ для самолетов местных воздушных авиалиний последовательно-параллельной схемы. Последовательно-параллельная схема представляет собой перспективный подход, который включает в себя, как основной газотурбинный двигатель, обеспечивающий основную потребную мощность воздушного винта так и вспомогательную силовую установку (далее ВСУ), предназначенную для выработки электроэнергии, и сочетает в себе преимущества двух схем.

Математическая модель ГСУ последовательно-параллельной схемы была разработана в программном комплексе Simcenter Amesim. В математическую модель заложены характеристики основных узлов как основного двигателя, так и ВСУ: компрессора, камеры сгорания, турбины, свободной турбины, выходного патрубка; а также воздушного винта, электрических машин, аккумуляторной батареи; вспомогательные модели атмосферы, химических реакций и термодинамических свойств. На рис. 1 представлена структурная схема разработанной математической модели ГСУ.

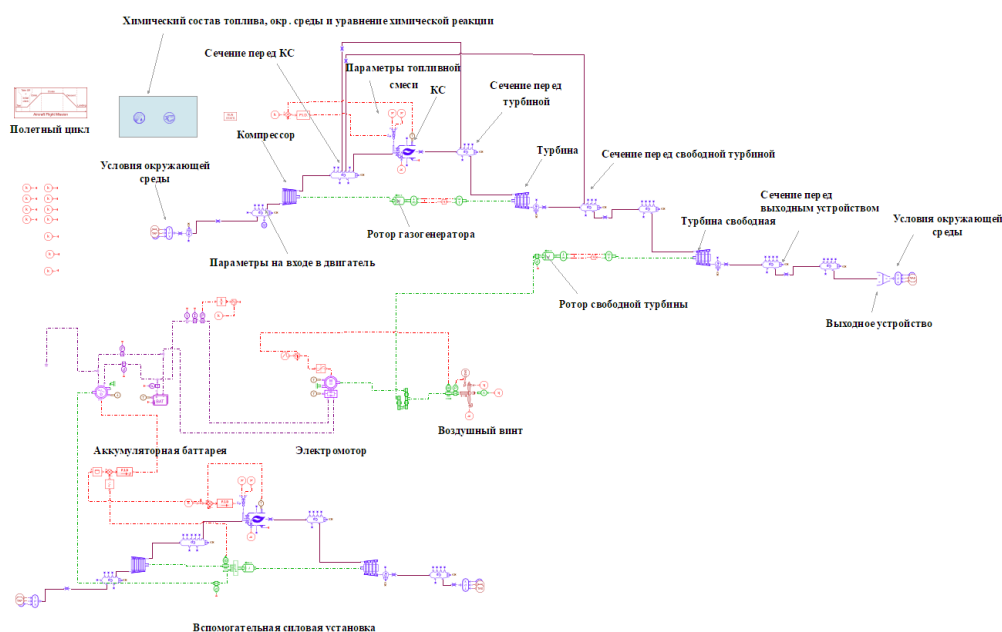


Рисунок 1 – Последовательно-параллельная схема гибридной силовой установки

Для определения типового рабочего цикла ГСУ были проанализированы полетные циклы самолетов местных воздушных авиалиний, полученные путем изучения информации публичного веб-сервиса Flightradar24, позволяющего в реальном времени наблюдать за положением воздушных судов. Полетный цикл моделировался от этапа взлета, до этапа посадки [4].

Использование имитационного моделирования и метода связанных графов позволяет существенно упростить построение подобных комплексных моделей и оценить результаты математического моделирования, данный метод описывается в работе.

На рис. 2а-2б представлены результаты математического моделирования работы ГСУ при различных температурах газа ВСУ, от которой зависит ее мощность и расход заряда аккумуляторной батареи в течение полетного цикла. На малых высотах полета мощности ВСУ достаточно и заряд аккумуляторной батареи при максимальной мощности ВСУ не тратится. На крейсерском участке полета расходуется энергия аккумуляторной батареи.

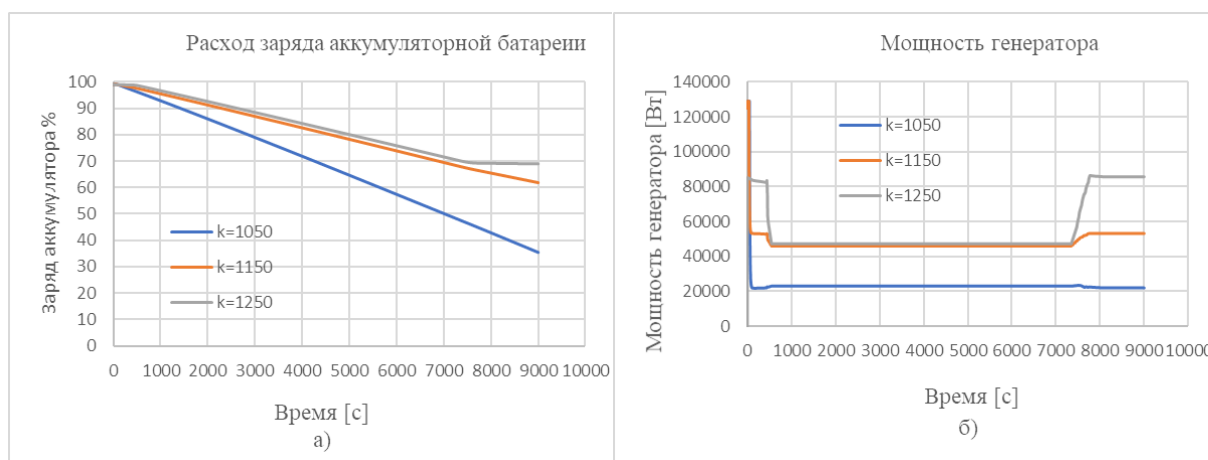


Рисунок 2 – а) расход заряда аккумуляторной батареи; б) мощность генератора

Последовательно-параллельная схема ГСУ является перспективной технологией для самолетов местных воздушных авиалиний. Рассмотренная методика позволяет проводить параметрическое исследование и моделировать работу ГСУ в течение полетного цикла.

Список литературы

1. IATA. (2019). Aircraft Technology Roadmap to 2050. <https://www.iata.org/contentassets/8d19e716636a47c184e7221c77563c93/technology20roadmap20to20205020no20foreword.pdf>
2. Боровиков, Д. А. Определение области рационального применения и постановка задачи оптимизации гибридных двигателей на базе ТВД для региональных самолетов / Д. А. Боровиков // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. – 2021. – № 4(59). – С. 15-22. – EDN TQGGII.
3. Dean, T. S., Wroblewski, G. E., & Ansell, P. J. (2018). Mission Analysis and Component-Level Sensitivity Study of Hybrid-Electric General Aviation Propulsion Systems. *Journal of Aircraft*. – 55(6). – P. 2454–2465.
4. Традиционные, гибридные и электрические силовые установки самолетов местных воздушных линий / А. Н. Варюхин, В. С. Захарченко, Д. Я. Рахманкулов [и др.] // *Авиационные двигатели*. – 2022. – № 1(14). – С. 19-32. – DOI 10.54349/26586061_2022_1_19. – EDN CLSWEK.

Сведения об авторах

Ю.А. Равикович, д.т.н, профессор, и.о. проректора по научной работе МАИ. Область научных интересов: авиационные двигатели и энергетические установки.

И.Г. Иванов, без уч. степени, без уч. звания, Аспирант кафедры 203 МАИ. Область научных интересов: гражданская авиация, развитие гибридных силовых установок, математическое моделирование.

Д.А. Боровиков, к.т.н, без уч. звания, ведущий инженер кафедры 201 МАИ. Область научных интересов: математическое моделирование, численные методы, системный анализ, авиационные и ракетные двигатели.

MATHEMATICAL MODELING APPLICATION FOR LOCAL AIRLINES AIRCRAFT HYBRID PROPULSION DESIGN

Ravikovich Y.A., Ivanov I.G¹., Borovikov D.A.

¹Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia, ilia@nio203.ru

Keywords: hybrid propulsion, hybrid aircraft, local airlines aircraft, turboprop engine, turboshaft engine, auxiliary power unit, mathematical modeling.

The paper considers the problem of mathematical modeling of a series-parallel hybrid propulsion, and parametric research of its performance during the flight cycle.