

УДК 621.45

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНЦЕПЦИИ СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЕТА

© Алексеева О.В., Болдырев А.В.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: zinina.ov@ssau.ru

Представлены результаты математического моделирования концепции среднего магистрального самолета (СМС) с гибридной силовой установкой (ГСУ), использующей электрическую тягу. Для анализа эффективности применения ГСУ изначально был произведен расчет модельной задачи концептуального проектирования СМС с дальностью полета 5000 км согласно [1]. Этот вариант получил название «классический СМС». Далее проанализированы варианты СМС с применением ГСУ. В качестве энергоносителя рассмотрены керосин и водород.

Оценка рациональности применения ГСУ представляют собой три этапа, включающих такие основные сведения, как уравнение энергетического баланса и уравнение баланса масс. Благодаря этому, создана сводка мощностей энергетических систем самолетов и проведен расчет потребных энергий с применением наиболее актуальных характеристик компонентов энергетической установки согласно [2; 3; 4].

Массовые характеристики элементов летательного аппарата, включая целевую нагрузку, изменялись итерационно до достижения взлетной массы самолета 100 тонн. Полученные данные по концепциям СМС сведены в таблицу.

Таблица. Сводка масс СМС, тонны

-	Классический СМС	Гибридный (керосин)	Гибридный (водород)
Конструкция	28	28,9	29,4
Силовая установка	9,9	14,2	19,6
– ГТД с системами	6,0	5,4	5,4
– топливная система	3,9	2,2	8,9
– электрические двигатели с редукторами	–	2,7	2,3
– система управления электродвигателями	–	0,8	0,4
– криогенная система	–	0,4 (азот)	0,1
– воздушные винты	–	2,5	2,5
Оборудование и управление (без аккумуляторных батарей)	10,0	10,0	10,0
Аккумуляторные батареи и топливные элементы	0,2	7,0	5,0
Снаряжение и служебная нагрузка	1,8	1,8	1,8
Топливо	30,0	18,3	6,7
Целевая нагрузка	20,1	19,8	27,5
ИТОГО	100,0	100,0	100,0

Гибридный самолет на керосине относительно классического среднего магистрального самолета имеет преимущество по массе топлива, однако при этом увеличиваются массы конструкции, силовой установки. Это происходит из-за того, что гибридная силовая установка преобразует часть топлива в электроэнергию, которая впоследствии используется на различных режимах полета.

Топливная эффективность гибридного самолета повысилась на 61 %. Это означает, что осуществляется уменьшение количества топлива, а значит, уменьшаются и денежные средства, потраченные на керосин. Стоит отметить, что также произойдет повышение стоимости обслуживания такого самолета из-за применения гибридной силовой установки.

Большое приращение массы самолета с ГСУ наблюдается в силовой установке за счет применения электрических двигателей, редукторов и винтов, аккумуляторных батарей и топливных элементах. Развитие технологий высокотемпературной сверхпроводимости позволило бы снизить массы электрических компонент, что в дальнейшем бы повысило эффективность гибридного самолета. Кроме того, электродвигатели имеют гораздо более высокий потолок и большую среднюю наработку на отказ по сравнению с двигателями внутреннего сгорания. Еще одним преимуществом такого самолета является повышение экологических параметров.

Концепция гибридного СМС на водороде имеет ряд преимуществ относительно классического СМС: масса целевой нагрузки возрастает на 37 %, при этом масса топлива снижается в 5 раз. Данный вариант СМС имеет наименьшую массу топлива при максимальной массе целевой нагрузки. В то же время существенно возрастают массы конструкции и силовой установки. Следует отметить, что при этом увеличивается стоимость обслуживания этого самолета.

Гибридные силовые установки с использованием электроэнергии позволят решить проблему недостаточной емкости аккумуляторных батарей. Они позволят отказаться от традиционных схем и воспользоваться преимуществами электрификации. Кроме того, переход на водород имеет ряд серьезных преимуществ, которые делают его наиболее привлекательным альтернативным топливом будущего с технической и экологической точки зрения.

Библиографический список

1. Концептуальное проектирование самолета: учеб. пособие / В.А.Комаров [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. Самара: Сам. гос. аэрокосм. ун-т, 2013. 120 с.
2. Architecture, Voltage, and Components for a Turboelectric Distributed Propulsion Electric Grid Final Report. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20150014237> NASA/CR-2015-218440, July2015EDNS04000038188/ [Электронный ресурс] (дата обращения: 30.04.2021).
3. Modeling, design and energy management of fuel cell systems for aircraft. A Dissertation Presented to The Academic Faculty by Thomas Heenan Bradley. In Partial Fulfillment of the requirements for the Degree Doctor of Philosophy in the School of Mechanical Engineering. Georgia Institute of Technology. December 2008 Copyright. Thomas Heenan Bradley 2008.
4. URL: www.superox.ru (дата обращения: 30.04.2021).