

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНЦЕПЦИИ САМОЛЁТА С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Алексеева О.В., Болдырев А.В.

Самарский университет, г. Самара, zinina.ov@ssau.ru

*Ключевые слова:* гибридная силовая установка, выбросы вредных веществ, экология тепловых двигателей.

Для улучшения экологических показателей силовой установки было принято решение сравнить классический среднемагистральный самолёт и концепцию среднемагистрального самолёта с гибридной силовой установкой, использующей электрическую тягу. Основным показателем повышения экологичности на данном этапе принята экономия керосина.

Чтобы провести оценку эффективности гибридной силовой установки (ГСУ) был проведен расчет модельной задачи проектирования среднемагистрального самолёта согласно [1]. И создана сводка мощностей энергетической системы классического самолёта. Далее сводка сопоставлена с расчетами среднемагистрального самолёта с гибридной силовой установкой, использующей электрическую тягу.

Методика оценки эффективности гибридной силовой установки состоит из следующих основных этапов:

1. Выбор схемы самолёта;
2. Определение энергетического баланса;
3. Определение взлётной массы самолёта.

На первоначальном этапе для оценки эффективности применения гибридной силовой установки (ГСУ) на керосине приняты такие исходные данные, как дальность полета и масса целевой нагрузки, которые равны исходным данным классического среднего магистрального самолета. Так же составлена первоначальная схема данного самолета с ГСУ. Далее определена удельная нагрузка на крыло [1]. При этом площадь крыла принята по статистике, при учете изменения в конструкции самолета.

На следующем этапе выполнен расчёт аэродинамического качества самолета с использованием построения докритической поляры самолета.

Этап определения потребной тяги двигателей включает в себя несколько шагов: оценку потребного количества топлива, расчет тяги для крейсерского полета и взлета при отказе одного двигателя, сводку потребных мощностей компонент силовой установки. Для оценки потребного количества топлива введён коэффициент  $K_t$ , который представляет собой отношение масс топлива классического и гибридного самолетов.

Определение масс самолета произведено по статистике с учетом изменения конструкции самолета и потребного количества топлива, рассчитанного на предыдущем этапе. Для удобства последующего анализа взлетные массы двух вариантов были приравнены к 100 тоннам.

Крайним этапом оценки является составление сводки мощностей для основных режимов полета в соответствии со следующими компонентами: турбореактивный двухконтурный двигатель, аккумуляторные батареи (АКБ) и топливный элемент (ТЭ). Основными режимами полета приняты разбег и отрыв, набор высоты у земли, набор высоты на крейсерской высоте и разгон на эшелоне. После этого была составлена диаграмма для визуального представления долей мощностей.

На завершающем этапе расчёта оценки эффективности ГСУ проведён расчет расхода энергии. То есть исходя из [2], [3] и [4] приняты характеристики наиболее современных на настоящий момент АКБ и ТЭ, и представлен расход энергии каждого компонента силовой установки.

Полученная оценка концепций среднемагистрального самолёта представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Оценка эффективности самолёта с ГСУ

	Классический СМС	Гибридный (керосин)
Конструкция, <i>m</i>	28	28,9
Силовая установка, <i>m</i>	10	14
– ГТД с системами, <i>m</i>	6	5,44
– топливная система, <i>m</i>	4	2,16
– электрические двигатели, <i>m</i>	-	1,2
– система управления электродвигателями, <i>m</i>	-	0,8
– криогенная система, <i>m</i>	-	0,4 (азот)
– редукторы, <i>m</i>	-	1,5
– винты, <i>m</i>	-	2,5
Оборудование и управление (без АКБ), <i>m</i>	10	10
АКБ и ТЭ, <i>m</i>	0,2	7,0
Снаряжение и служебная нагрузка, <i>m</i>	1,8	1,8
Топливо, <i>m</i>	30	18,3
Целевая нагрузка, <i>m</i>	20	20
ИТОГО, <i>m</i>	100	100

Гибридный самолёт на керосине относительно классического среднего магистрального самолета имеет преимущество по массе топлива, однако при этом увеличиваются массы конструкции, силовой установки, АКБ и ТЭ. Топливная эффективность гибридного самолета повысилась на 61%. Это означает, что уменьшаются вредные выбросы в атмосферу, и, следовательно, повышаются экологические показатели самолёта.

### Список литературы

1. Концептуальное проектирование самолёта: 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: 20.04.2021.
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 uirements for the Degree Doctor of Philosophy in the School of Mechanical Engineering. Georgia Institute of Technology [Text]. December 2008 Copyright. Thomas Heenan Bradley 2008.
4. [www.superox.ru](http://www.superox.ru) [Электронный ресурс] / Дата обращения: 20.04.2021.

### Сведения об авторах

Алексеева Ольга Владимировна, инженер. Область научных интересов: создание концепции среднемагистрального самолёта с гибридной силовой установкой.

Болдырев Андрей Вячеславович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой конструкции и проектирования летательных аппаратов. Область научных интересов: оптимизация распределения материала в комбинированных авиационных конструкциях.

## EVALUATION OF ENVIRONMENTAL CONCEPTS FOR A HYBRID AIRCRAFT

*Alekseeva O.V., Boldyrev A.V.*

Samara National Research University, Samara, Russia, [zinina.ov@ssau.ru](mailto:zinina.ov@ssau.ru)

*Keywords: hybrid power plant, emissions of harmful substances, ecology of heat engines.*

The paper describes a methodology for assessing the effectiveness of a hybrid power plant. An analysis of the obtained advantages of the hybrid power plant is also presented.