



УДК 629.7

## ВЛИЯНИЕ ПОЛНОСТЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ САМОЛЕТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

**Пронин Егор Андреевич**

студент

**Лелюх Полина Юрьевна**

студент

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

**Аннотация.** В настоящее время в авиационной промышленности выдвигаются жесткие требования по надежности, безопасности и эффективности летательных аппаратов (ЛА) и их устройств на борту. Также в последнее время развитые и развивающиеся страны вводят серьезные требования к разрабатываемым ЛА для снижения экологического загрязнения, вызванного выбросами вредных веществ и акустическим шумом. Согласно концепции развития электрической авиации, последним этапом в развитии электрических самолетов является полностью электрический самолет, который в качестве источника энергии использует исключительно электрическую энергию. В данной статье представлена современная оценка влияния полностью электрических самолетов на окружающую среду с точки зрения выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу и оказания шумового воздействия. Кратко описана концепция полностью электрических самолетов с выделением основного современного технического ограничения. Раскрыты основные факторы, из-за которых можно оценивать вклад полностью электрического самолета в выбросы  $\text{CO}_2$ , и показаны главные источники возникновения акустического шума в полностью электрических самолетах. Также в статье указаны перспективные пути решения современных проблем с влиянием полностью электрических самолетов на окружающую среду.

**Ключевые слова:** электрическая авиация, полностью электрический самолет, загрязнение окружающей среды, шумовое загрязнение.

### 1. Введение

Промышленная конкуренция между странами возрастает с каждым годом. Власти многих стран осознали стратегическую важность развития авиации, вследствие чего в развитие авиации осуществляется существенный вклад со стороны государств [1]. Однако с развитием промышленности, в том числе и авиационной, развивается и обратная негативная сторона, приковавшая как внимание экологов, так и внимание инженеров и властей, – загрязнение окружающей среды и ухудшение здоровья населения [2].



Стремление человечества к сокращению выбросов, содержащих вредные вещества, а также к снижению шумового загрязнения вносят большой вклад на выбор направления и основных приоритетов развития авиационной промышленности. Так, например, Европейская комиссия согласно документу «Flightpath 2050» ставит перед собой цели достигнуть сокращения выбросов CO<sub>2</sub> на 75%, NO<sub>x</sub> на 90% и снижения шумового загрязнения на 65%. Одним из основных перспективных решений рассматривается внедрение электрической самолетов [1].

## **2. Электрический самолет**

Электрический самолет – концепция, в которой ЛА приводится в движение при помощи электрического двигателя. Согласно [3] электрический самолет может подразделяться на:

- турбоэлектрический самолет;
- самолет с гибридной силовой установкой;
- полностью электрический самолет.

Полностью электрический самолет, который для собственного движения использует исключительно электрическую энергию, является последним этапом развития электрических самолетов.

В настоящее время имеются серьезные технические ограничения в области развития электрических батарей, что является серьезным препятствием для развития концепций электрических самолетов. Основное техническое ограничение выражается в недостаточной плотности электрической энергии батарей, вследствие чего большинство конструкций полностью электрических самолетов на сегодняшний день нацелены на легкие самолеты. Тем не менее, наравне с легкими самолетами всесторонне оценены многочисленные конструкции узко-фюзеляжных самолетов [4].

## **3. Влияние на окружающую среду**

### **3.1 Загрязнение атмосферы вредными веществами**

Концепция полностью электрического самолета способна полностью исключить прямые локальные выбросы вредных веществ, попадающих в атмосферу в результате сжигания углеводородных топлив. Выбросы CO<sub>2</sub>, связанные с полностью электрическим самолетом оцениваются с точки зрения общего жизненного цикла электроэнергии. В связи с тем, что постоянным источником энергии в полностью электрических самолетах является электричество, во внимание необходимо принимать следующие факторы [5]:

- выбросы парниковых газов при производстве электрических батарей;
- выделившееся количество CO<sub>2</sub> (интенсивность) во время выработки используемой электроэнергии;
- потери, связанные с зарядкой электрических батарей;



- потери, связанной с передачей и с распределением электрической энергии;
- конструктивными особенностями самолета;
- особенностями эксплуатации самолета.

В [4] показана интенсивность выбросов полностью электрического самолета первого поколения на 180 мест и 150 пассажиров в течение полета на 400 морских миль (741 км), который, по прогнозам, будет потреблять 180 Вт·ч на доходный пассажирский километр (ДПК) для удельной энергии аккумуляторной батареи  $800 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \cdot \text{кг}^{-1}$ . При отмечаемой в [5] средней интенсивности выбросов  $\text{CO}_2$  в электрической сети в США в 2015 году, составляющей 456 гр на  $\text{CO}_2$  на кВт·ч на предполагаемый полностью электрический самолет будет приходиться 91 гр выбросов  $\text{CO}_2$  с учетом совокупности потерь, связанных с зарядкой электрических батарей и с потерями, связанными с передачей и с распределением электрической энергии. Эта величина примерно на 20% выше по сравнению с интенсивностью выбросов  $\text{CO}_2$  современных аналогичных самолетов с реактивными двигателями. Однако если рассматривать совокупность всех факторов, включая не связанных с выбросом  $\text{CO}_2$ , общее количество выбросов на ДПК снизится примерно на 30%.

При учете выбросов парниковых газов при производстве аккумуляторов интенсивность выбросов полностью электрического самолета немного возрастет в зависимости от исходных предположений. Так, имеющиеся данные об исследованиях аккумуляторов на литий-ионной основе, позволяют предположить увеличение интенсивности выбросов  $\text{CO}_2$  на 2–10 г на ДПК [6]. Тем не менее, внедрение использования возобновляемой электроэнергии для производства электрических батарей могло бы решить эту проблему [5].

Общая интенсивность выбросов  $\text{CO}_2$  полностью электрических самолетов будет снижаться с внедрением улучшенных технологий производства самолетов и электрических батарей, а также с потенциальным внедрением использования возобновляемых ресурсов при выработке электрической энергии для электрических сетей. В свою очередь увеличение длительности полета самолета неизбежно приведет к увеличению требуемой для полета количества электрической энергии, что приведет к увеличению выбросов  $\text{CO}_2$  за счет дополнительного веса электрических батарей на борту самолета [5].

### 3.2 Шумовое воздействие

Влияние полностью электрических самолетов на шумовое загрязнение зависит от принятых проектных решений: оно может оказаться как меньшим при сравнении с традиционными самолетами, так и большим [5]. Шум электрического оборудования, исходящий от электрических двигателей и генераторов, преобразователей и других электрических компонентов, будет иметь большое влияние на составление акустической сигнатуры полностью электрического самолета [7]



В работе [5] приведена оценка общих улучшений шумовых характеристик полностью электрического самолета с удельной энергией электрических батарей  $800 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \cdot \text{кг}^{-1}$  в сравнении с лучшими показателями ближнемагистральных самолетов современного поколения. Наблюдается уменьшение площади звукового контура на 36% по сравнению с лучшими традиционными представителями класса ближнемагистральных самолетов с учетом, как взлета, так и посадки. Снижение шумового воздействия может позволить увеличить время работы аэропортов, расположенных в городской черте, что приведет к увеличению использования ЛА и пропускной способности аэропорта. Отмечается, что за счет использования вентиляторов с более низкими коэффициентами давления и отсутствия шума при сгорании углеводородных топлив авторы ожидают более сокращение площади контура шума при взлете более чем на 50%. И напротив, более высокая масса полностью электрического самолета окажет влияние на детерминанты шума (в основном, к детерминантам относятся подъемная сила, лобовое сопротивление и скорость посадки), которые приведут к увеличению площади контура шума на 15% по сравнению с таковыми с лучшими представителями узко-фюзеляжных самолетов.

Однако ожидаемая в будущем более высокая удельная энергия электрических батарей и усовершенствование будущих конструкций электрических самолетов, в том числе, внедрение в конструкцию самолета новых шумоизолирующих материалов дадут возможность снизить уровень акустического загрязнения, производимого полностью электрическими самолетами [5, 7].

Более высокая удельная энергия аккумуляторной батареи и будущие конструкции самолетов дадут возможность снизить уровень шума за счет новых концепций конструкции самолетов и изменений в эксплуатационных процедурах (таких как сильно распределенная силовая установка и крутые заходы на посадку с двигателями в генераторном режиме).

#### **4. Вывод**

В данной статье рассмотрено влияние полностью электрических самолетов на окружающую среду. Влияние самолетов, как традиционных, так и электрических, на окружающую среду в первую очередь обусловлено выбросами  $\text{CO}_2$  в атмосферу, а также оказанием шумового загрязнения.

В статье раскрыта классификация электрических самолетов с последующим акцентом на концепцию полностью электрических самолетов с описанием основного технического ограничения, стоящего на пути полноценной реализации данной концепции. Отражено, в каком виде представлены современные исследования, посвященные полностью электрическим самолетам.

Выявлены основные 6 факторов, исходя из которых полностью электрический самолет также оказывает вклад в выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу, даже несмотря на отсутствие выбросов при сжигании углеводородных топлив. Общее снижение выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу при



современном уровне развития технологий составляет около 30%. Также отмечено возможное дальнейшее снижение выбросов за счет внедрения в производство электроэнергии и электротехнических установок новых перспективных решений.

Раскрыты основные причины шумового влияния полностью электрических самолетов. Приведена оценка общего основного улучшения уровня шумового загрязнения по сравнению с лучшими представителями традиционных узко-фюзеляжных конструкций. Уменьшение площади звукового контура составляет 36%, что в перспективе может положительно сказаться на работе аэропортов, расположенных внутри аэропортов. Также приведены оценки шумового влияния во время взлета и посадки полностью электрического самолета. Если во время взлета наблюдается уменьшение площади звукового контура на 50%, то во время посадки картина противоположная и наблюдается увеличение шумового загрязнения на 15%. В заключении рассмотрения шумового загрязнения полностью электрических самолетов указаны будущие перспективные пути уменьшения звукового влияния на окружающую среду, которые включают в себя улучшение технологии электрических батарей и усовершенствование конструкции полностью электрического самолета с применением новых современных перспективных материалов.

#### **Список литературы:**

1. Flightpath 2050: Europe's vision for aviation - report of the high level group on aviation research // European Commission – 2011. [Электронный ресурс]. URL: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/doc/flightpath2050.pdf> (дата обращения 07.07.2021).
2. Сердюкова, А.Ф. Загрязнение окружающей среды отходами производств / А.Ф. Сердюкова, Д.А. Барабанщиков. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 25 (211). — С. 28-31. — URL: <https://moluch.ru/archive/211/51589/> (дата обращения: 07.07.2021).
3. Brelje B.J., Martins J.R.R.A. Electric, hybrid, and turboelectric fixed-wing aircraft: A review of concepts, models, and design approaches. Progress in Aerospace Sciences, 2019, vol. 104, pp. 1-19.
4. Gnadt A.R., Speth R.L., Sabnis J.S., Barrett S.R. Technical and environmental assessment of all-electric 180-passenger commercial aircraft. Progress in Aerospace Sciences, 2019, vol. 105, pp. 1-30.
5. Schäfer, A.W., Barrett, S.R.H., Doyme, K., Dray L.M., Gnadt A.R. Self R., O'Sullivan A., Synodinos A.P., Torija A.J. Technological, economic and environmental prospects of all-electric aircraft. Nature Energy, 2019, vol. 4, no. 2, pp. 160-166.



6. Kim H.C., Wallington T.J., Arsenault R., Bae C., Ahn,S., Lee, J. Cradle-to-gate emissions from a commercial electric vehicle Li-ion battery: a comparative analysis. *Environmental science & technology*, 2016, vol. 50, no. 14, pp. 7715-7722.
7. Spakovszky Z.S. Advanced low-noise aircraft configurations and their assessment: past, present, and future. *CEAS Aeronautical Journal*, 2019, vol. 10, no. 1, pp. 137-157. – Т. 10. – №. 1. – С. 137-157.