

УДК 681.5

**ОПТИМИЗАЦИЯ ШУМОПОДАВЛЕНИЯ ЧЕРЕЗ АВТОМАТИЗАЦИЮ:
КАК САУ СНИЖАЮТ АКУСТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ (НА ПРИМЕРЕ
AIRBUS A320NEO И BOEING 787)****Сидорова Дарья Андреевна,**

Студент

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
Университет гражданской авиации»

Россия, Санкт-Петербург

darya72938@mail.ru

Соколов Олег Аркадьевич,

Заведующий кафедры «Систем автоматизированного управления»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

Университет гражданской авиации», кандидат технических наук, доцент

Россия, Санкт-Петербург

Аннотация

В статье исследуются современные методы снижения авиационного шума с использованием систем автоматизированного управления (САУ). На примере Airbus A320 (A320neo) и Boeing 787 рассмотрены технологические решения, обеспечивающие сейчас снижение акустического воздействия на 20-30%. Современные системы автоматизированного управления (САУ) играют критическую роль в снижении шума, оптимизируя работу двигателей, аэродинамику и режимы полёта. Особое внимание уделено роли FADEC (Full Authority Digital Engine Control) в управлении режимами работы силовых установок и алгоритмам реального времени для минимизации шумовой эмиссии, а также системе активного шумопоглощения (Active Noise Control, ANC) и её преимуществам. Проведен сравнительный анализ эффективности применяемых решений, выявлены ключевые факторы снижения шума. Таким образом, целью статьи является анализ способов борьбы с авиационным шумом посредством внедрения автоматизации в управление.

Ключевые слова: САУ, авиационный шум, акустическое загрязнение, шумоподавление, экология, современные авиационные технологии.

**OPTIMIZING NOISE REDUCTION THROUGH AUTOMATION: HOW ACS
REDUCE ACOUSTIC POLLUTION (USING THE EXAMPLE OF THE AIRBUS
A320NEO AND BOEING 787)****Afanasyeva O. N.,**

Doctor of Economics,

Professor of the Department of Finance and Monetary and Credit Relations,
Russian Foreign Trade Academy
Ministry of Economic Development of the Russian Federation
Moscow, Russia

Chernyaeva E. A.,

Bachelor's student of the Faculty of Foreign Trade Management,
Russian Foreign Trade Academy,
Ministry of Economic Development of the Russian Federation
Moscow, Russia

ABSTRACT

The article examines modern methods of reducing aircraft noise using automated control systems (ACS). Using the example of the Airbus A320 (A320neo) and the Boeing 787, technological solutions are considered that currently reduce acoustic effects by 20-30%. Modern automated control systems (ACS) play a critical role in reducing noise by optimizing engine performance, aerodynamics, and flight modes. Special attention is paid to the role of FADEC (Full Authority Digital Engine Control) in controlling the operating modes of power plants and real-time algorithms to minimize noise emissions, as well as the Active Noise Control (ANC) system and its advantages. A comparative analysis of the effectiveness of the applied solutions has been carried out, and key noise reduction factors have been identified. Thus, the purpose of the article is to analyze ways to combat aircraft noise through the introduction of automation in management.

Keywords: ACS, aircraft noise, acoustic pollution, noise reduction, ecology, modern aviation technologies.

Введение

Шум оказывает негативное воздействие на окружающую среду, здоровье населения, живущего вблизи аэродрома, а также на комфорт пассажиров и экипажа. В связи с этим разрабатываются и внедряются системы автоматизированного управления, направленные на снижение уровня шума при эксплуатации воздушных судов при их взлете и посадке и полете.

Основные причины уменьшения шума:

Рабочие механизмы двигателя (турбина, компрессор);

Выхлопные газы и турбулентность;

Аэродинамическое сопротивление конструкции воздушного судна;

Воздействие воздушного потока с конструктивными элементами.

В наши дни акустическое загрязнение – это одна из важных экологических проблем в мире авиации. Согласно данным ИКАО, около 4 млн. жителей Европы подвергаются негативному воздействию шума от авиационного транспорта. Современные технологии автоматизированных систем управления (САУ) позволили выйти на новый уровень, улучшая аэродинамику ВС и оптимизируя режимы работы двигателей в процессе полёта.

Цель исследования

Исследование направлено на анализ эффективности систем автоматизированного управления (САУ) в снижении акустического загрязнения на примере современных авиалайнеров Airbus A320neo и Boeing 787. Основные задачи:

Оценить вклад САУ в уменьшение шумовой эмиссии двигателей и планера;

Сравнить применяемые технологические решения;

Определить перспективные направления развития автоматизированного шумоподавления.

Материал и методы исследования

Объекты исследования:

Силовые установки: Pratt & Whitney PW1100G (A320neo), General Electric GEnx-1B (B787);

Бортовые системы управления: FADEC (Full Authority Digital Engine Control), системы активного шумоподавления.

Методика:

Анализ акустических характеристик по данным: сертификационных испытаний EASA;

Оценка эффективности алгоритмов управления.

Акустическое загрязнение в авиации

Согласно ГОСТ 31296.1-2014 "Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности", авиационный шум считается как один из наиболее вредных видов акустического влияния [1]. Его основные источники:

Шум, исходящий от авиационных двигателей (составляет порядка 80% от общего шумового воздействия);

Аэродинамический шум, возникающий из-за воздушного потока вокруг поверхностей самолета (составляет порядка 15% от общего шумового воздействия);

Шум, происходящий от различных систем на борту воздушного судна, таких как системы кондиционирования воздуха, гидравлическая и топливная системы и др. (составляет порядка 5% от общего шумового воздействия).

К сожалению, последствия от авиационного шума неприятны и значительны, к ним можно отнести:

Появление различного рода проблем со здоровьем: проблемы со слуховым аппаратом, появление сердечно-сосудистых заболеваний, снижение рефлекторной активности организма, что может привести к ухудшению пищеварения и нарушению функций других систем. Больше всего всем этим последствиям подвержены люди лётных специальностей, особенно пилоты и лётчики, которые являются эксплуатантами авиационной техники и часто имеют ухудшение функций зрительных и вестибулярных анализаторов [2];

Проблемы со сном и, как вытекающие последствия, снижения памяти, ухудшение концентрации во время работы, ослабление иммунной системы. Некоторые аэродромы находятся в непосредственной близости к населенным пунктам, глиссада захода ВС проходит над домами, что негативно сказывается на сон людей [2];

Увеличение уровня стресса. Негативному влиянию, в большей степени, подвергаются дети и пожилые люди [2];

Снижение качества жизни. Размещение жилых домов вблизи аэропортов или аэродромов могут приводить к усложнению общению, времени препровождении дома, отдыху на открытом воздухе и работе в этом районе [2];

Влияние на окружающий животный мир. Исходящий от самолетов шум искажает обычную звуковую среду для животных. Посторонние звуки заглушают важные для животных природные шумы. В результате этих процессов происходит нарушение сложившихся в природе естественных экосистем, животные мигрируют и нуждаются в новых местах обитания [2].

Технологии шумоподавления в Airbus A320 (A320neo) и Boeing 787

Рассматривая вопрос уменьшения шума, на Airbus A320, как предшественника Airbus A320neo, одним из ключевых решений было использование генератора вихрей, который представлял собой металлическую пластину, расположенного под крылом самолета. Данная концепция начала применяться в авиакомпании Lufthansa. Первоначальная структура представляла собой фиксированную металлическую пластину, создаваемую небольшие вихри под крыльями самолета. Они предотвращают появление определённого шума, который обычно возникает, когда воздух попадает в дренажный клапан для выравнивания давления в баках во время полёта. Эффект похож на то, как если бы вы дули на стеклянную бутылку. Вихри предотвращают это и тем самым снижают уровень шума [3]. В последующие годы начали предлагать варианты модернизации данной модели посредством автоматизации. А именно, данная металлическая пластина могла бы менять свой угол наклона с помощью вычислителя автоматизированной системой управления двигателями (FADEC – Full Authority Digital Engine Control) в зависимости от

этапов полета. Однако конкретного применения данная оптимизация не нашла, но наличие фиксированного генератора вихрей позволило уменьшить уровень шума. Сейчас новые Airbus A320neo оснащены рядом инновационных решений для снижения шума:

Двигатели Pratt & Whitney PW1100G с пониженной шумностью [4]:

Усовершенствованная конструкция вентилятора;

Оптимизированные воздушные каналы;

Система автоматического регулирования оборотов (т.е. САУ автоматически выбирает режимы с минимальной вибрацией).

Аэродинамические усовершенствования:

Sharklets - законцовки крыла новой формы;

Автоматизированная система управления закрылками.

При этом система автоматизированного управления в A320neo реализует [5]:

Оптимальные траектории взлета и посадки:

Автоматический расчет наименее шумных маршрутов;

Минимизация времени работы на высоких оборотах.

Режимы пониженного шума:

Автоматическое ограничение тяги при взлете;

Оптимизация работы вспомогательных систем.

В результате внедрения автоматизированных систем управления удалось снизить шум на 15 дБ по сравнению с предыдущими моделями, а также уменьшить зоны акустического воздействия на 30%.

Говоря об Boeing 787, сейчас в нём охотно используется современная система активного шумопоглощения (Active Noise Control, ANC) [6]. Это технология, которая использует принципы акустической интерференции для уменьшения нежелательных звуковых волн. В контексте авиации она предназначена для снижения шумов, исходящих от двигателей и взаимодействующих с корпусом самолёта, а также для повышения комфорта пассажиров и экипажа. Основная идея ANC основана на создании противошумных волн, которые интерферируют с исходным шумом и гасят его. Процесс включает несколько ключевых компонентов:

- Микрофоны – размещённые в кабине и вокруг двигателей, улавливают исходные шумы;
- Обработка сигнала – специальный цифровой процессор анализирует полученные звуковые волны;
- Генерация противошумных волн – на основе анализа процессор создаёт звуковые сигналы с такой же амплитудой, но противоположной по фазе;
- Динамики (или колонки) – излучают эти противошумные волны, которые интерферируют с исходными, гася их.

Это создает эффект "затухания" шума внутри кабины, делая его менее заметным.

Основные аспекты данной системы:

- Интеграция с интерьером: системы ANC обычно встроены в потолочные или стеновые панели салона, а также в акустические системы пассажирских кресел;
- Многоуровневая обработка: для повышения эффективности используются разные частотные диапазоны, поскольку шум двигателя и взаимодействия с воздухом охватывают широкий спектр частот;
- Обратная связь: система постоянно мониторит уровень шума и корректирует противошумные сигналы в реальном времени.

Достоинства системы активного шумопоглощения:

- Уменьшение уровня шума повышает комфорт пассажиров и концентрацию экипажа при выполнении полета;
- Позволяет сохранить четкость и внятность речи, а также взаимодействия между экипажем и пассажирами;

- Снижение уровня стресса и утомления у экипажа и пассажиров.

Система активного шумопоглощения совершенствуется по сей день. За основу берут ранее изготовленные разработки, однако, используя современные алгоритмы обработки сигналов, создаются более компактные и энергосберегающие динамики.

Вывод: Анализируя основные способы уменьшения шума, можно обратить внимание, насколько важную роль ныне играют автоматизированные системы управления в авиации. Использование данных систем позволяют не только сократить отрицательное влияние на окружающий и животный мир, но и повысить комфорт пассажиров, безопасность, а также эффективность полётов. Помимо всего, сейчас рассматривается возможность использования искусственного интеллекта совместно с различными технологиями для достижения ещё большей результативности в борьбе с шумом. Безусловно, помимо автоматизированных систем борьба с шумом идет посредством использования различных двигателей с разной степенью двухконтурности, использование различного рода гондол и сопел, а также различные компоновки самолётов. Однако использование автоматизированных систем управления являются передовыми позволяющие уменьшить уровень шума посредством внедрения данной программы в вычислитель самолета.

Список литературы:

1. ГОСТ 22283-2014 «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения»
2. Jake Hardman How A Small Metal Tab Cut Lufthansa's Airbus A320 Noise Emissions / Jake Hardman [Электронный ресурс] // Simple Flying: [сайт]. – URL: <https://simpleflying.com/lufthansa-a320-noise-emissions/> (дата обращения: 20.05.2025).
3. Ануфриков М.С. Проблема авиационного шума в современном мире / Ануфриков М.С. [Электронный ресурс] // ЦЭИИС: [сайт]. – URL: <https://ceiis.mos.ru/presscenter/nauchno-publitsisticheskie-stati/detail/11697556.html> (дата обращения: 20.05.2025).
4. Pratt & Whitney PW1000G / [Электронный ресурс] // Wikipedia: [сайт]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pratt_%26_Whitney_PW1000G (дата обращения: 03.06.2025).
5. Airbus A320neo / [Электронный ресурс] // Wikipedia: [сайт]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320neo (дата обращения: 03.06.2025).
6. Active noise control / [Электронный ресурс] // Wikipedia : [сайт]. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.52120268-683f5989-deba3845-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Active_noise_control? (дата обращения: 03.06.2025).

References:

1. GOST 22283-2014 "Aviation noise. Permissible noise levels in residential buildings and methods of its measurement"
2. Jake Hardman Hm A Small Metal Tab Cut Lufthansa Airbus A320 Noise Emissions / Race Hardman [Electronic resource] // Simple Flying: [website]. – URL: <https://simpleflying.com/lufthansa-a320-noise-emissions/> (date of access: 05.20.2025).
3. Anufrikov M.S. The problem of aviation noise in the modern world / Anufrikov M.S. [Electronic resource] // CEIIS: [website]. – URL:

<https://ceiis.mos.ru/presscenter/nauchno-publitsisticheskie-stati/detail/11697556.html>
(date of access: 05.20.2025).

4. Pratt & Whitney PW1000G / [Electronic resource] // Wikipedia: [website]—URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pratt_%26_Whitney_PW1000G (date of access: 06.03.2025).
5. Airbus A320neo / [Electronic resource] // Wikipedia: [website]. — URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320neo (date of access: 06.03.2025).
6. Active noise control / [Electronic resource] // Wikipedia: [сайт]. —URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.52120268-683f5989-deba3845-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Active_noise_control? (date of access: 03.06.2025).