

doi: 10.32620/oikit.2019.84.07

УДК 629.735.33

Е. А. Водопьян, Т. Н. Серeda, В. И. Рябков

## **Анализ методов снижения авиационного шума в источнике и на местности**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского  
"Харьковский авиационный институт"*

В настоящее время актуальным является исследование влияния шума летательных аппаратов на окружающую среду. Разработчики самолетов и двигателей постоянно изучают способы снижения шума, следуя новым стандартам комитета ICAO (CAEP), главной задачей которых является защита окружающей среды от воздействия авиации, обеспечение комфортной обстановки населению, подвергающемуся воздействию авиационного шума и вредных веществ. Путем ограничения допустимого уровня шума самолетов CAEP инициирует производителей авиационной техники внедрять новейшие технологии снижения шума в их конструкцию. Измерение авиационного шума, очевидно, является важным видом исследований не только в авиастроении. Уже существующие аэропорты в ходе реконструкции, а новые — на стадии разработки проекта, должны в обязательном порядке тестироваться по показателям авиационного шума, который будет проникать на окружающую их территорию, в том числе — в населенные пункты различного масштаба. В настоящее время ученые разных стран прилагают значительные усилия, направленные на снижение шума турбин, существующих и перспективных гражданских самолетов. Конечно, сейчас повсеместно применяют способы внешнего глушения. При этом, важным способом снижения шума двигателя стало широкое использование так называемых звукопоглощающих конструкций. В статье рассмотрены направления снижения уровня авиационного шума в источнике и на местности, в районе аэропортов. Для снижения шума в источнике рассмотрены пути уменьшения турбулентности обтекаемых несущих аэродинамических поверхностей путем снижения их индуктивного сопротивления и согласования течения газа в силовых установках. Показано, что реализация таких подходов в модификациях отечественных пассажирских и транспортных самолетов дает положительный результат. При решении задачи снижения шума на местности в качестве примера проанализировано исследование воздействия авиационного шума на население, проживающее вблизи аэропорта. Показана необходимость использования в зонах жилой застройки звукоизолирующих средств для снижения воздействия шума. Проведен анализ последствий от воздействия шума. В заключение представлены предварительные результаты, полученные в ходе выполнения научно-исследовательской работы.

**Ключевые слова:** авиационный шум, пути снижения шума, шум возле аэропортов.

### **Введение**

Авиационный шум — одна из составляющих «звукового фона», с которым ежедневно сталкиваются жители городов и сельской местности. Аэродромы и аэропорты располагаются не только вблизи мегаполисов, маршруты воздушных судов пересекают пространство и над минимально заселенными районами. Но в городах, где нагрузка на окружающую среду и так велика, добавление существенной нагрузки в виде авиационного шума может влиять на качество жизни гораздо заметнее. К факторам неблагоприятного воздействия самолетов относятся: шум, выбросы загрязняющих веществ, электромагнитные излучения, звуковой удар. В настоящее время при эксплуатации самолетов в районе аэропорта наиболее важными факторами негативного воздействия считаются авиационный шум и выбросы загрязняющих веществ [1].

Проблема авиационного шума в экологическом аспекте была впервые затронута в 1968 году на 16-й Ассамблее Международной организации гражданской авиации. Международный документ, регламентирующий допустимые параметры авиационного шума, был принят еще в 1971 году и действует до сих пор. Это Приложение № 16 (об охране окружающей среды) к Конвенции о международной гражданской авиации. Изложенные в первом томе этого приложения нормы были разработаны Международной организацией гражданской авиации (ICAO) и должны выполняться всеми странами-участниками, число которых в конце 2017 года достигло 192 [2].

Несмотря на то, что документ действует уже почти 50 лет, в него постоянно вносятся актуальные поправки, а контроль за соблюдением указанных норм все усиливается. Именно это стало причиной недопуска к полетам над территорией ЕС некоторых моделей самолетов советского производства: Ту-134, Ту-154 М и Ту-154Б, Ил-76, Ил-86 и других. В немодернизированном виде их показатели шума превышали нормы, введенные в европейских странах в 2002 году.

Уменьшение неблагоприятного воздействия самолетов на окружающую среду является важной научно-технической проблемой. Наиболее эффективным является комплексный подход к решению данной проблемы, который позволяет достичь значительного уменьшения неблагоприятных воздействий на окружающую среду в более короткие сроки и с меньшими затратами. Комплексный подход предусматривает уменьшение вредных воздействий в источнике их возникновения, рациональную организацию воздушного движения, внедрение строительно-планировочных мероприятий, ограничение вредных воздействий вблизи аэропортов и контроль за их соблюдением. Прогнозируемые уровни шума самолетов мирового парка 2030 года на 7-9 EPNdB ниже уровня шума самолетов 2020 года. На основе математических моделей, разработанных группами моделирования (MDG), и экономических прогнозов (FESG) было исследовано влияние пяти сценариев ужесточения стандарта на шум самолетов на различные экологические и экономические показатели. В частности, расчетные оценки показали, что при ужесточении стандарта по шуму самолетов на 3 EPNdB на 281 тыс.чел. снизится количество жителей, подвергающихся воздействию шума, превышающего DNL = 55 dB, а при ужесточении на 11 EPNdB – на 4,2 млн.чел. При этом площадь шумового следа с уровнем 55 дБ сжимается с 0,5 до 11% (рисунок 1) (DNL – взвешенный среднесуточный уровень шума) [2].

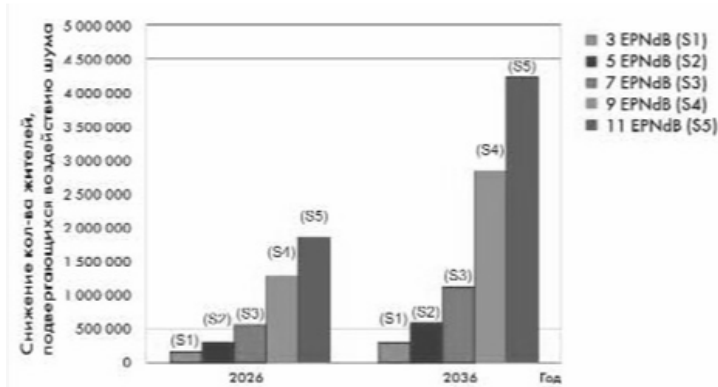


Рисунок 1. Снижение площади шумового следа со среднесуточным уровнем DNL = 55 dB (оценка выполнена по 285 наиболее загруженным аэропортам мира)

Действующие сегодня международные требования по нормированию авиационного шума начали формироваться на основании принятой в 1968 году резолюции Ассамблеи ИКАО, в которой впервые обозначалась важность проблемы авиационного шума в окрестностях аэропортов. Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации (1971 год) содержит информацию о правилах описания и измерения авиационного шума, реакциях человека на авиационный шум, сертификации воздушных судов по шуму, критериях установления эксплуатационных приемов снижения авиационного шума, контроль за использованием земельных участков и приемах снижения шума при опробовании двигателей на земле. Уже на стадии формирования концепции воздушного судна необходимо закладывать такие его характеристики, которые обеспечат минимальное воздействие как на окружающую среду, так и на пассажиров и экипаж. Реализация данного подхода требует детальной проработки сценариев применения создаваемого самолета, учитывающих его место в транспортной системе, базу данных полетов, зоны негативного влияния вблизи аэропортов, а также влияние на климат на крейсерских режимах полета. Создание новых технологий снижения шума непосредственно связано с исследованием физической природы его образования и изучением закономерностей формирования акустических полей. Об актуальности проблемы свидетельствует дальнейшее ужесточение норм по шуму, рекомендованное решениями 9-го совещания Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации (CAEP/9), состоявшееся в феврале 2013 года в Монреале. Новые нормы ввели с 31 декабря 2017 года и касаются только самолетов новых типов взлетной массой выше 55 т, а с 31 декабря 2020 года – для воздушных судов, взлетная масса которых ниже указанного значения.

### **Применение новых компоновочных схем крыла и всей системы несущих поверхностей**

Наиболее эффективными направлениями снижения авиационного шума является использование в обтекаемых поверхностях самолета и в агрегатах двигателя геометрических форм, снижающих турбулентность воздушного и газового потоков. В подготовленном группой экспертов по авиационному шуму докладе делается вывод, что до 2030 года самолеты обычной схемы с фюзеляжем и крылом будут превалировать над авангардными конструкциями, разрабатываемыми для решения задачи снижения шума самолетов. Воздушные суда принципиально новых конструкций, обеспечивающих дальнейшее снижение шума по сравнению с концепциями 2010 года, в лучшем случае могут появиться лишь к 2030 году. Хорошим примером такой конструкции самолета является концепция с фюзеляжем с двойным каплевидным сечением ("Double Bubble D8") (рисунок 2) [3].

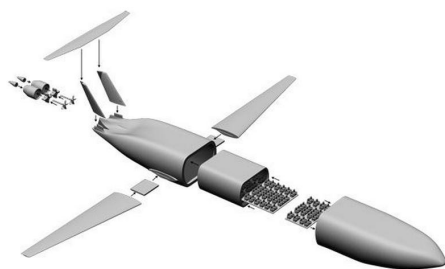


Рисунок 2. Проект Double-Bubble

### **Тенденции изменения силовых установок в целях снижения авиационного шума**

Перспективный пассажирский высокоскоростной самолет 2020 – 2035 годов, по общему мнению аналитиков [4], должен обладать в числе основных показателей высоким КПД узлов и низким уровнем шума, особенно в зонах аэропортов и жилых районов. Но, несмотря на достигнутые успехи в шумоглушении, силовые установки самолетов по-прежнему остаются определяющим источником шума самолета на местности. При решении проблемы снижения шума перспективных пассажирских турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД) сейчас на первый план по степени важности выходит глушение шума турбины. Это объясняется, во-первых, тем, что в плане глушения шума других шумогенерирующих узлов (вентилятор, сопло) уже многое сделано и получен значительный результат, а, во-вторых, на пониженных (дрессельных) режимах работы, имеющих место именно в зонах аэропортов и жилых районов, наибольший вклад в совокупный шум ТРДД вносит турбина. Шум турбины в принципе вызывается теми же причинами, что и шум вентилятора, но имеет специфические особенности, главная из которых связана с высокой крупно- и мелкомасштабной неравномерностью и флуктуациями потока, выходящего из камеры сгорания. Это значительно усиливает все широкополосные и дискретные составляющие шума турбины. В результате турбина создает широкополосный шум как в области низких, так и высоких частот. Дискретные составляющие возникают на частотах следования лопаток турбин компрессора и вентилятора, а также на кратных им и комбинированных частотах. Высокая степень турбулизации и неоднородности, значительная скорость, а иногда и закрутка потока за турбиной являются причинами появления шума выходного канала двухконтурного турбореактивного двигателя.

Для современных двухконтурных авиационных двигателей с большой степенью двухконтурности значительный вклад в суммарный уровень шума на всех режимах работы вносит шум вентиляторной ступени. Шум вентилятора обусловлен источниками аэродинамического происхождения, которые связаны с преобразованием части энергии потока в энергию гидродинамических возмущений [5].

В качестве объекта исследования проанализирован прототип вентиляторной ступени авиационного двигателя Д-436 (рисунок 3). Оценено влияние аэродинамических и конструктивных особенностей лопаточного венца рабочего колеса на акустические характеристики вентиляторной ступени. Расчет проводился на основе трехмерного газодинамического моделирования течения в вентиляторной ступени, акустические характеристики считались с помощью уравнения Фокс Вильямса – Хоукинга [5]. Для всех исследованных вентиляторных ступеней с разной геометрией лопатки были использованы одинаковые входные параметры: расход воздуха, скорость вращения, одинаковые углы входа и выхода потока и одинаковый профиль.

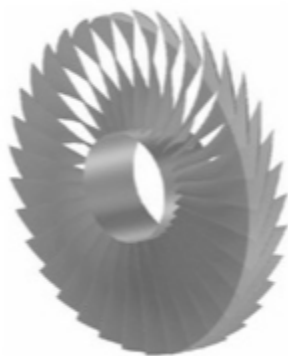


Рисунок 3. Трехмерная модель исследуемой вентиляторной ступени

Варианты № 1-8 были получены путем различного изменения наклона передней и задней кромки лопатки относительно перпендикуляра оси двигателя (рисунок 4). Варианты №1, №2, №3, №4 получены путем наклона передней и задней кромок лопатки на  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$  в направлении от перпендикуляра оси двигателя соответственно; варианты №5, №6, №7, №8 получены путем наклона передней и задней кромки лопатки на  $-5^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $-15^\circ$ ,  $-20^\circ$  в направлении от перпендикуляра оси двигателя соответственно. Для оценки турбулентности использовали стандартную SST модель.



Рисунок 4. Исследуемые формы лопаток вентилятора

Результаты расчетов показаны на рисунках 3-5. Все варианты вентиляторной ступени имеют достаточно высокий КПД, однако варианты №1, №2 и №6 имеют наибольшие значения КПД, а №4 и №8 – наиболее низкие. Из

графика изменения значений акустических источников (рисунок 3) прослеживается тенденция уменьшения квадрупольного источника у вариантов №5 - №8, имеющих лопатки с отрицательным углом наклона в направлении от перпендикуляра оси двигателя. С акустической точки зрения также интересен вариант №3. Он имеет наименьшее значение дипольного источника, но наибольшее значение квадрупольного источника. И если следовать дипольной теории шума, то этот вариант из исследуемых вариантов является самым лучшим с точки зрения акустической эмиссии. Однако существует еще и квадрупольная теория шума, и в этом случае вариант №5 является наиболее предпочтительным [6].

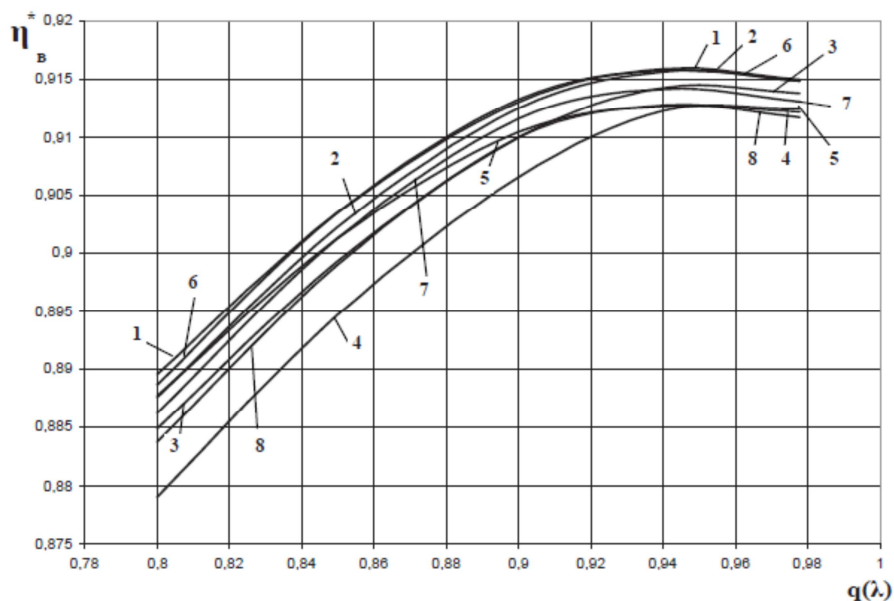


Рисунок 3. Зависимость КПД от коэффициента обтекания лопаток вариантов № 1 – №8

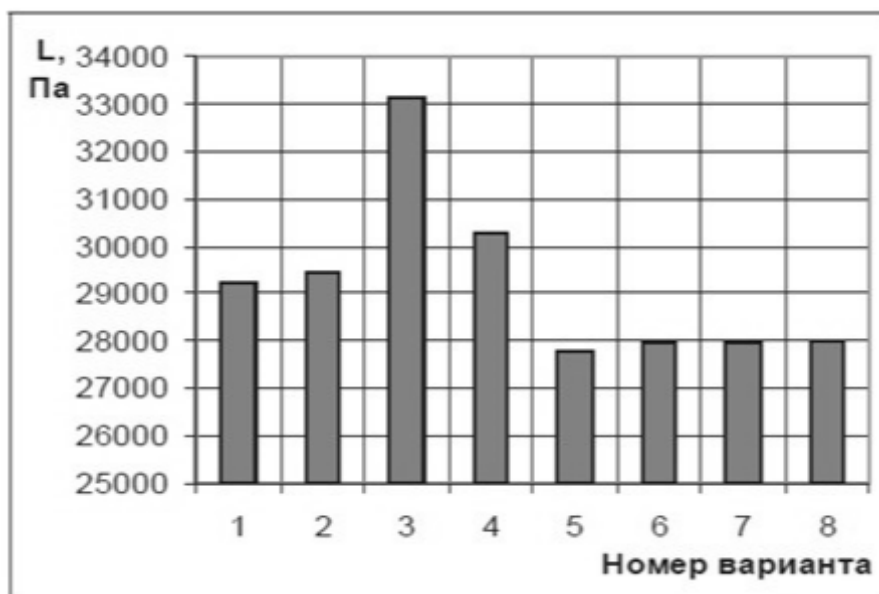


Рисунок 4. Значение квадрупольного источника шума

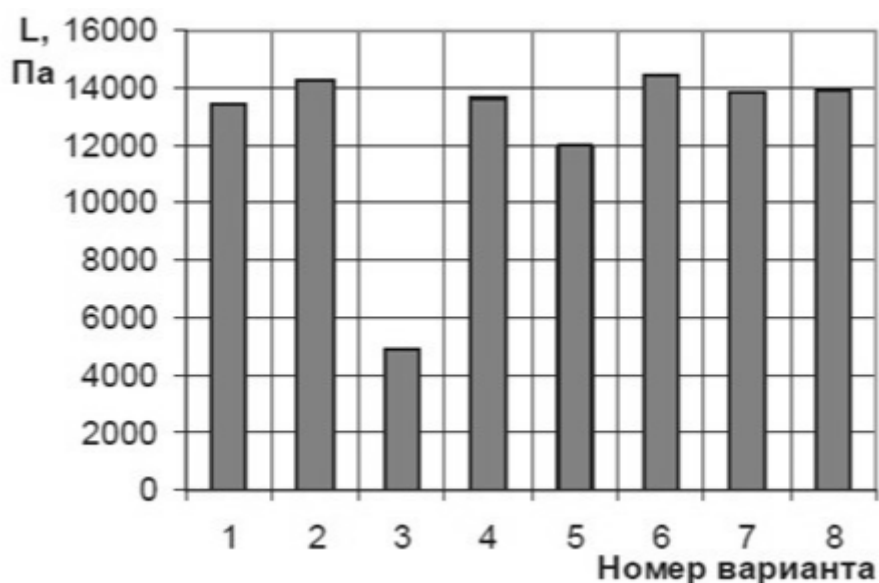


Рисунок 5. Значение дипольного источника шума

К 2030 году могут быть созданы двигатели на основе принципиально новых концепций, таких, как ТРДД со сверхвысокой степенью двухконтурности, биротативные винтовентиляторные двигатели (CROR) и редукторные турбовентиляторные двигатели (GTF). Очевидно, что ТРДД со сверхвысокой степенью двухконтурности являются менее шумными, чем современные двигатели, однако выгоды от снижения их шума нивелируются повышением сопротивления мотогондолы при степени двухконтурности более 15. На ближних и среднемагистральных самолётах (БСМС) могут устанавливаться биротативные винтовентиляторные двигатели (БВВ) толкающей схемы в хвостовой части фюзеляжа. Однако кумулятивный уровень создаваемого ими шума не менее чем на 15 ЕPNдБ превышает уровень ТРДД со сверхвысокой степенью двухконтурности. Группа экспертов (IEP2) провела собственное аналитическое исследование ТРДД со сверхвысокой степенью двухконтурности (УНВ) традиционной схемы интеграции планер/СУ для следующих категорий самолётов: БСМС и ДМС с двумя двигателями. Исследование было проведено путём сравнения существующих сертификационных баз данных по шуму в каждой контрольной точке с использованием соответствующей выборки контрольных физических параметров. На основе полученных корреляций были определены запасы по шуму ТРДД со сверхвысокой степенью двухконтурности (УНВ) традиционной схемы интеграции планер/СУ в диапазоне степеней двухконтурности от 11 до 18 для БСМС и ДМС с двумя двигателями.

Кроме того, исследован потенциал снижения шума самолётов с большими турбовинтовыми двигателями, которые потребляют меньше топлива по сравнению с ТРДД, из-за чего и появляется надежда использовать их на больших самолётах. Международный союз производителей авиационной техники (ICCAIA) представил результаты исследования, посвящённого анализу уровней шума самолетов с турбовинтовыми двигателями. Базовым самолётом для этого исследования был выбран Bombardier Q400 (EIS 2001, 72-79 пассажиров, взлётный вес – 30 т, двигатель – PW150A, винт с шестью лопатками компании Dowty). Технологии снижения шума включали в себя

усовершенствованную конструкцию воздухозаборника и компрессора и повышенное число лопастей винта до восьми, что приводит к уменьшению окружной скорости на периферии.

Примерами реализации такого подхода является использование ТВД-PW150A в модификации отечественного самолета Ан-132Д [7], также использование таких ТВД в модификациях оперативно-тактического, военно-транспортного самолета Ан-188. В обоих случаях благодаря указанному согласованию модификационных изменений в геометрии системы несущих поверхностей планера и силовой установки уровень шума и в источнике, и на местности удалось снизить до норм, установленных ICAO для самолетов данного типа [8].

### **Шум в районе аэропортов и необходимость его снижения**

Известно, что авиационный шум в районе аэропортов существенно возрастает на разбеге при взлете самолета, сильно ухудшая акустический комфорт жилых кварталов. В настоящее время действует, например, программа «Silencer», цель которой – снизить до 2020 года уровень шума в окрестностях аэропортов до уровня шума «highway» («наземного транспорта»). Несмотря на достигнутые успехи в шумоизоляции, силовые установки по-прежнему остаются определяющим источником шума самолета на местности. Основные причины шума лежат в области аэродинамики рабочего тела двигателя. Из-за огромной скорости реактивная струя турбулизует окружающий её воздух, вследствие чего возникает шум. Кроме того, шумят механические детали: компрессор и турбина, лопатки которых тоже создают значительную турбулентность.

С учетом таких обстоятельств особую остроту приобретает проблема авиационного шума на местности, в районе аэропортов. В качестве примера анализа проблемы авиационного шума приведены исследования воздействия авиационного шума в окрестностях аэропорта «Елизово». В настоящее время в аэропорту «Елизово» эксплуатируются воздушные суда гражданской авиации: Ан-124-100, Ту-204, Ту-214, Б-777, Б-767 и др. Ситуация с шумовым воздействием для санитарно-эпидемиологического благополучия населения вблизи аэропорта является удовлетворительной. Для подтверждения результатов расчета согласно санитарным нормам проведены натурные исследования авиационных шумов, действующих в зоне жилых домов в районе аэропорта «Елизово» [10].

В настоящее время для оценки авиационного шума следует руководствоваться ГОСТ 22283-88 «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки. Методы его измерения», который устанавливает максимально допустимые уровни авиационного шума на территории населенного пункта при взлете, пролете, посадке самолетов и вертолетов, а также при опробовании авиадвигателей [4]. Максимально допустимые значения уровней звука на территории жилой застройки по ГОСТ 22283-88 приведены в таблице 1.



Таблица 1 – Значения уровней звука на территории жилой застройки

Время суток	Эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$ , дБ (А)	Максимальный уровень звука при единичном воздействии $L_{Amax}$ , дБ (А)
День (с 7.00 ч до 23.00 ч)	65	85
Ночь (с 23.00 ч до 7.00 ч)	55	75

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.561-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки» допустимые уровни шума для населения не должны превышать значений, приведенных в таблице 2 [11].

Таблица 2 – Значения допустимого уровня шума для населения

Время суток	Эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$ , дБ (А)	Максимальный уровень звука при единичном воздействии $L_{Amax}$ , дБ (А)
День (с 7.00 ч до 23.00 ч)	55	70
Ночь (с 23.00 ч до 7.00 ч)	45	60

По данным ФГУП полуширина контура максимального уровня звука  $L_{Amax} = 85$  дБА (дневная эксплуатация) при рулении ВС 2-й шумовой группы типа Ил-96, Ту-154, Ту-134 составляет 250 м и при рулении ВС типа Ил-76, А-319/320/321, Б-757/737 и др. 3 и 4 шумовых групп – 180 м. Расчетный суммарный уровень шума, создаваемого рулением ВС на территории аэропорта «Борисполь», был построен по критерию максимального уровня звука в ночное  $L_{Amax} = 75$  дБА и дневное  $L_{Amax} = 85$  дБА время суток (согласно ГОСТ 22283-88) для наиболее «шумных» ВС (Ил-96).

В соответствии с результатами построения зон санитарного разрыва по фактору «авиационный шум» при ночной эксплуатации ВС типа Л-410 и дневной эксплуатации ВС типа Ил-96 в зону неблагоприятного воздействия попадает значительное количество населенных пунктов, находящихся в непосредственной близости от аэропорта: Авиагородок; пос. Заречный; пос. Двуречье; пос. Красный; пос. Нагорный; пос. Новый; пос. Крутобереговой; садовые участки.

Измерения шума показали превышение нормативного значения максимального уровня звука в Авиагородке, Заречном, Двуречье, Нагорном:

- по ГОСТ 22283-88  $\Delta L_{Amax} = 9,6$  дБА [12];
- по СН 2.2.4/2.1.8.562-96 – для дневного времени  $\Delta L_{Amax} = 14,6$  дБА [11].

Таким образом, предварительный анализ измерений авиационного шума в установленной санитарно-защитной зоне аэропорта Елизово показал необходимость снижения уровня шума в источнике, а также применения в зонах жилой застройки звукоизолирующих средств для снижения воздействия шума [9].

## Выводы

Проблема авиационного шума является весьма актуальной для разработчиков самолетов и двигателей, для эксплуатантов авиационной техники и для окружающей среды вокруг аэропортов.

В статье сформулированы основные направления конструктивного решения проблемы авиационного шума:

- разработки аэродинамических форм крыла и фюзеляжа самолета, максимально исключающих турбулентность их обтекания и обеспечивающих минимальное индуктивное сопротивление при заданной величине подъемной силы;

- использование форм лопаток и воздушных винтов ТРД и ТВД, исключающих на их периферии сверхзвуковых скоростей обтекания;

- формирование параметров, режимов взлета и посадки, исключающих уровни шума в районе аэропортов, превышающих значения, установленные ICAO, ГОСТ, АП, и др.

Новизной данной статьи является исследование акустических характеристик вентиляторной ступени, в результате которого показано, что при определенном изменении геометрии лопаток вентилятора возможно уменьшения шума, создаваемого двигателем, а в результате и самим самолетом. Возможно, что выполнение такого пакетного подхода обеспечит ряд модификаций отечественных самолетов и их приемлемое использование в аэропортах Европы.

## Список использованных источников

1. Сайт Aviadocs [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://www.aviadocs.net/docs/2001\\_AP\\_ch36.pdf](http://www.aviadocs.net/docs/2001_AP_ch36.pdf)

2. Сайт Docs.Cntd [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200112157>

3. Сайт nasa.gov [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.nasa.gov/content/the-double-bubble-d8-0>

4. Ланшин, А. И. Анализ тенденций развития двигателей для самолётов гражданской авиации / В. А. Палкин, В. Н. Федякин // Двигатель. – 2010. – № 6.

5. Юдин, Е. Я. Исследование шума винтиляторных установок и методом борьбы с ним. / Е. Я. Юдин // – Труды ЦАГИ. – 1985. - Вып.13. - С. 98.

6. Голдстейн Е. Аэроакустика. / Е. Голдстейн // М.: Машиностроение, 1981.– 295 с.

7. Сайт wikipedia [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD-132>

8. Новиков, В.И. Метод оптимизации геометрии крыла самолета в плане по частным критериям / В.И. Новиков, В.И. Рябков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ “ХАИ”. 2005. – Вып.27.

9. Мунин, А. Г. Авиационная акустика / А. Г. Мунин, под ред. А. Г. Мунина, В. Е. Квитки. – М.: Машиностроение, 1973.

10. Сайт Docplayer [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://docplayer.ru/46244504-Issledovanie-vozdeystviya-aviacionnogo-shuma-v-okrestnostyah-aeroporta-elizovo.html>

11. СН 2.2.4/2.1.8.561-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки».
12. ГОСТ 22283-88 «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки методы его измерения».
13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
14. Сайт engine.aviaport [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://engine.aviaport.ru/issues/92/pics/pg08.pdf>
15. Лапотко, В. М. Прогнозирование режима низкочастотных колебаний нестационарного потока газа в ступени компрессора / В. М. Лапотко, Ю. П. Кухтин // Авиационно-космическая техника и технология: научно-техн. журнал. – Харьков: ХАИ, 2004. – Вып. 4/12. – С. 56 – 61.

### References

1. Sayt Aviadocs [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: [http://www.aviadocs.net/docs/2001\\_AP\\_ch36.pdf](http://www.aviadocs.net/docs/2001_AP_ch36.pdf)
2. Sayt Docs.Cntd [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200112157>
3. Sayt nasa.gov [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: <https://www.nasa.gov/content/the-double-bubble-d8-0>
4. Lanshin A. I., Palkin V. A., Fedyakin V. N. Analiz tendentsiy razvitiya dvigateley dlya samolotov grazhdanskoy aviatsii // Dvigatel'. – 2010. – № 6.
5. Yudin Ye. YA. Issledovaniye shuma vintilyatornykh ustanovok i metodom bor'by s nim. [Tekst] – Trudy TSAGI, 1985, vyp.13, s. 98.
6. Ye. Goldsteyn Aeroakustika, M, «Mashinostroyeniye», 1981. - 295s.
7. Sayt wikipedia [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD-132>
8. Novikov V. I., Ryabkov V. I. Metod optimizatsii geometrii kryla samoleta v plane po chastnym kriteriyam // Otkrytye informatsionnyye komp'yuternyye tekhnologii . – KH.: NAKU "KHAI". 2005. – Vyp.27.–S.116–124.
9. Munin A. G. Aviationsionnaya akustika / Pod.red. A. G. Munina, V. Ye. Kvitki. – M.: Mashinostroyeniye, 1973.
10. Sayt Docplayer [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: <https://docplayer.ru/46244504-Issledovanie-vozdeystviya-aviacionnogo-shuma-v-okrestnostyah-aeroporta-elizovo.html>.
11. SN 2.2.4/2.1.8.561-96 «Shum na rabochikh mestakh, v pomeshcheniyakh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i na terri- torii zhiloy zastroyki».
12. GOST 22283-88 «Shum aviatsionnyy. Dopustimyye urovni shuma na territorii zhiloy zastroyki metody yego izmereniya».
13. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03. "Sanitarno-zashchitnyye zony i sanitarnaya klassifikatsiya predpriyatiy, sooruzheniy i inykh ob"yektov".
14. Sayt engine.aviaport [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: <http://engine.aviaport.ru/issues/92/pics/pg08.pdf>
15. Lapotko V. M., Kukhtin YU. P. Prognozirovaniye rezhima nizkochastotnykh kolebaniy nestatsionarnogo potoka gaza v stupeni kompressora // Aviationsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya: Nauchno-tekhnicheskiiy zhurnal. – Khar'kov: KHAI, 2004. – Vyp. 4/12. – S. 56 – 61.

Поступила в редакцию 10.03.2019, рассмотрена на редколлегии 12.03.2019

## **Аналіз методів зниження авіаційного шуму в джерелі і на місцевості**

У цей час актуальним є дослідження впливу шуму літальних апаратів на навколишнє середовище. Розробники літаків і двигунів постійно вивчають способи зниження шуму, слідуючи новим стандартам комітету ICAO (CAEP), головним завданням яких є захист навколишнього середовища від впливу авіації, забезпечення комфортної обстановки населенню, яке страждає від впливу авіаційного шуму та шкідливих речовин. Шляхом обмеження допустимого рівня шуму літаків КАЕП ініціює виробників авіаційної техніки впроваджувати новітні технології зниження шуму в їх конструкцію. Вимірювання авіаційного шуму, очевидно, є важливим видом досліджень не тільки в авіабудуванні. Вже існуючі аеропорти в ході реконструкції, а нові – на стадії розроблення проекту, мають в обов'язковому порядку тестуватися за показниками авіаційного шуму, який буде проникати на навколишнє їх територію, в тому числі – в населені пункти різного масштабу. Зараз учені різних країн докладають значних зусиль щодо зниження шуму турбін існуючих і перспективних цивільних літаків. Звичайно, зараз повсюдно застосовують способи зовнішнього глушіння. При цьому важливим способом зниження шуму двигуна стало широке використання так званих звукопоглинальних конструкцій. У дані статті розглянуто напрямки зниження рівня авіаційного шуму в джерелі і на місцевості, в районі аеропортів. Для зниження шуму в джерелі розглянуто шляхи зменшення турбулентності обтічних несучих аеродинамічних поверхонь шляхом зниження їх індуктивного опору і узгодження течії газу в силових установках. Показано, що реалізація таких підходів у модифікаціях вітчизняних пасажирських і транспортних літаків дає позитивний результат. При вирішенні завдання зниження шуму на місцевості як приклад проаналізовано дослідження вплив авіаційного шуму на населення, яке проживає поблизу аеропорту. Показано необхідність використання в зонах житлової забудови звукоізолюючих засобів для зниження впливу шуму. Наведено аналіз наслідків, отриманих від впливу шуму. На закінчення наведено попередні результати, отримані в ході виконання науково-дослідної роботи.

**Ключові слова:** авіаційний шум, шляхи зниження шуму, шум біля аеропортів.

## **Analysis of Methods for Reducing Aircraft Noise in the Source of Noise and on the Ground**

Currently, the topic of research of the aircraft noise influence on the environment is relevant. Aircraft and engine developers are constantly exploring ways to reduce noise following the new standards of the ICAO Committee (CAEP), whose main task is to protect the environment from the effects of aviation, to provide a comfortable environment for people exposed to aircraft noise and harmful substances. By limiting the permissible noise level of aircraft, CAEP initiates aircraft manufacturers to introduce the latest noise reduction technologies in their design. Measurement of aircraft noise is obviously an important type of research not only in the aircraft industry. The existing airports in the course of reconstruction, and new

ones at the project development stage, should be mandatory tested on indicators of aircraft noise, which will penetrate into the surrounding area, including settlements of various sizes. Currently, scientists from different countries are making significant efforts to reduce the turbine noise of existing and prospective civil aircraft. Of course, nowadays, external jamming methods are commonly used. At the same time, an important way to reduce engine noise was the widespread use of so-called sound-absorbing structures. This article describes the direction of reducing the level of aircraft noise at the source and on the ground, near airports. To reduce the noise in the source of noise, the ways to reduce the turbulence of the streamlined aerodynamic bearing surfaces are considered by reducing their inductive resistance and matching the flow of gas in power plants. It is shown that the implementation of such approaches in modifications of domestic passenger and transport aircraft gives a positive result. When solving the problem of reducing noise on the ground, the study analyzed the effect of aviation noise on the population living near the airport as an example. The necessity of using soundproofing means in residential areas to reduce noise exposure is shown. An analysis of the effects of noise exposure is given. In conclusion, the preliminary results obtained in the course of research are presented.

**Key words:** aircraft noise, noise reduction, noise near airports.

**Сведения об авторах:**

**Рябков Виктор Иванович** – док. техн. Наук, профессор кафедры 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, e-mail: v.riabkov@khai.edu.

**Серета Татьяна Николаевна** – ведущий специалист авиационного сертификационного центра ХАИ (АСЦ ХАИ), Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, e-mail: t.sereta@khai.edu. ORCID – 0000-0001-8557-44-14.

**Водопьян Евгений Александрович** – магистр кафедры 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», группа 160МН, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, e-mail: vodopyan777@gmail.com.