ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70066— 2022

Авиационная техника

ТРЕБОВАНИЯ К АКУСТИЧЕСКОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПАССАЖИРСКОГО САЛОНА И КАБИНЫ ЭКИПАЖА САМОЛЕТОВ

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Специальной рабочей группой по стандартизации Российско-Китайской Подкомиссии по сотрудничеству в области гражданской авиации и гражданского авиастроения

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 323 «Авиационная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 октября 2022 г. № 1081-ст

4 В настоящем стандарте учтены положения технического документа CRCAJD 0001-2021 «Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолетов» (CRCAJD 0001-2021 «Aircraft equipment. Requirements for cabin acoustic design of transport aircraft»)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Общие требования 3
4.1 Исходные данные для акустического проектирования самолета 3
4.2 Критерии проектирования 3
4.3 Этапы акустического проектирования самолета 4
4.4 Методика проектирования 6
5 Детальные требования 9
5.1 Оценка шума в салоне и показатели шума подсистем самолета 9
5.2 Акустическое проектирование конструкции самолета и его интерьера 10
5.3 Акустическое проектирование и установка маршевой силовой установки самолета 10
5.4 Акустическое проектирование бортовых систем самолета 11
6 Требования к верификации 13
6.1 Испытания по определению звукоизоляции элементов конструкции самолета и звукопоглощающих свойств элементов его интерьера 13
6.2 Испытания по определению уровней шума и виброизоляции силовой установки самолета 14
6.3 Измерения шума бортовых систем и оборудования самолета 14
6.4 Измерения шума в салоне самолета 15
Приложение А (справочное) Основные расчетные соотношения для определения акустических параметров самолета 16
Библиография 18

Введение

Настоящий стандарт разработан с целью определения основных положений в области порядка и содержания работ по созданию самолетов с учетом требуемых параметров акустического комфорта пассажиров и членов экипажа.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Авиационная техника

ТРЕБОВАНИЯ К АКУСТИЧЕСКОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПАССАЖИРСКОГО САЛОНА И КАБИНЫ ЭКИПАЖА САМОЛЕТОВ

Aircraft equipment.
Requirements for aircraft acoustic design of passenger salon and crew cockpit

Дата введения — 2023—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие технические требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа, а также требования к верификации процесса акустического проектирования самолетов.

Настоящий стандарт применим к разрабатываемому российско-китайскому широкофюзеляжному дальнемагистральному самолету (CR-929) и другим проектируемым или модифицируемым самолетам.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 20296 Самолеты и вертолеты гражданской авиации. Допустимые уровни шума в салонах и кабинах экипажа и методы измерения шума

ГОСТ 28100 (ИСО 7235:2003) Акустика. Измерения лабораторные для заглушающих устройств, устанавливаемых в воздуховодах, и воздухораспределительного оборудования. Вносимые потери, потоковый шум и падение полного давления

ГОСТ 31704 (EN ISO 354:2003) Материалы звукопоглощающие. Метод измерения звукопоглощения в реверберационной камере

ГОСТ ISO 3745 Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Точные методы для заглушенных и полузаглушенных камер

ГОСТ Р 52799 (ИСО 11691:1995) Шум. Измерение вносимых потерь канальных глушителей при отсутствии потока. Ориентировочный метод в лабораторных условиях

ГОСТ Р 57700.37 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения

ГОСТ Р 58849 Авиационная техника гражданского назначения. Порядок создания. Основные положения

ГОСТ Р ИСО 3741 Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер

ГОСТ Р ИСО 3744 Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Технический метод в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью

ГОСТ Р ИСО 3747 Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Технический/ориентировочный метод в реверберационном звуковом поле на месте установки

ГОСТ Р ИСО 9921 Эргономика. Оценка речевой связи

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **децибел, дБ:** Единица измерения, предназначенная для описания уровней звукового давления.

3.1.2 **эффективный уровень звукового давления:** Величина, определяемая как среднеквадратичное значение мгновенного звукового давления, измеренного в заданной точке за определенный интервал времени.

Примечание — Расчетное соотношение представлено в приложении А.

3.1.3 **интенсивность звука:** Средняя по времени акустическая мощность, отнесенная к единице площади, расположенной перпендикулярно направлению распространения звука.

Примечание — Расчетное соотношение представлено в приложении А.

3.1.4 **уровень звукового давления:** Величина, устанавливаемая как десять десятичных логарифмов отношения среднего квадрата данного звукового давления к квадрату опорного звукового давления, который равен 20 мкПа, выраженная в децибелах и указываемая для определенной полосы частот, например в октавной или третьоктавной полосе.

Примечание — Расчетное соотношение представлено в приложении А.

3.1.5 **уровень звуковой мощности [интенсивности]:** Величина, устанавливаемая как десять десятичных логарифмов отношения звуковой мощности к опорному значению звуковой мощности 10^{-12} Вт (10^{-12} Вт/м^2) и указываемая для определенной полосы частот, например в октавных или третьоктавных полосах.

Примечание — Расчетное соотношение представлено в приложении А.

3.1.6 **уровень корректированного по шкале А звукового давления:** Уровень звукового давления, используемый для оценки шума с учетом его восприятия человеком и для оценки степени опасности шума, приводящего к нарушению слуха.

3.1.7 **суммарный уровень звукового давления:** Уровень звукового давления, определяемый как энергетическая сумма уровней звукового давления в диапазоне частот от 44,7 до 11 200 Гц.

3.1.8 **уровень речевых помех:** Уровень речевых помех, рассчитываемый как среднее арифметическое из некорректированных уровней звукового давления в четырехоктавных полосах в диапазоне частот 0,5; 1; 2 и 4 кГц.

3.1.9 **звукоизоляция:** Степень снижения звуковой энергии при передаче через конструкцию.

Примечание — Расчетное соотношение представлено в приложении А.

3.1.10 **звукоизолирующая способность;** ЗИС: Соотношение между уровнем звукового давления (пульсаций давления) перед преградой и уровнем интенсивности звука, прошедшего через конструкцию.

Примечание — Расчетное соотношение представлено в приложении А.

3.1.11 **коэффициент звукопоглощения:** Величина, определяющая степень поглощения звуковой энергии поверхностью.

Примечание — Расчетное соотношение представлено в приложении А.

3.1.12 **время реверберации:** Время, необходимое для снижения начального уровня звукового давления на 60 дБ, после отключения источника звука в салоне.

Примечание — Время реверберации может быть определено экспериментальным методом или рассчитано по формуле (А.8) приложения А.

3.1.13 **акустическое проектирование:** Выполнение комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание самолета с учетом заданных требований к предельно допустимым уровням шума в салоне и кабине экипажа.

3.1.14 **акустическая оптимизация [доводка]:** Комплекс работ, направленных на доработку эксплуатируемого самолета или проектируемого самолета на этапе летных испытаний с целью повышения акустического комфорта пассажиров и членов экипажа.

3.1.15 **акустические материалы:** Теплозвукоизолирующие, звукопоглощающие, вибропоглощающие и виброизолирующие материалы, а также материалы, реализующие принципы активного подавления шума и вибрации, применяемые в конструкции самолета для обеспечения заданных параметров акустического комфорта.

3.1.16 **акустическая модель:** Акустическое виртуальное моделирование звукового поля в пассажирском салоне и кабине экипажа на основе численных моделей, адекватно описывающих объект исследования.

3.2 В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

ВСУ — вспомогательная силовая установка;

ИПР — индекс передачи речи (speech transmission index, STI);

КСКВВ — комплексная система кондиционирования и вентиляции воздуха;

МСУ — маршевая силовая установка.

4 Общие требования

4.1 Исходные данные для акустического проектирования самолета

С целью повышения комфортабельности и рыночной конкурентоспособности самолета приемлемый уровень шума в салоне и требования к акустическому проектированию должны быть сформулированы на начальном этапе его проектирования. Также на начальном этапе проектирования необходимо составить специфический план исследований и представить описание процесса проектирования с учетом требуемых акустических характеристик кабины экипажа и салона, контролируя их на всех этапах проектирования.

Основные требования для акустического проектирования самолета:

а) уровни шума в кабинах экипажа и салонах самолетов нормируются в соответствии с ГОСТ 20296, а также с требованиями конкретного применения;

б) согласно требованиям пункта 25.771 (е) авиационных правил [1] шум и вибрация в кабине экипажа не должны мешать выполнению членами экипажа своих функций по пилотированию самолета, предусмотренных летным руководством;

в) согласно ГОСТ Р ИСО 9921 должна быть обеспечена разборчивость речи при записи звуковой информации на ненаправленный микрофон аварийного бортового регистратора звуковой информации. При этом оценка разборчивости речи «отлично» обеспечивается в том случае, когда ИПР > 0,75.

4.2 Критерии проектирования

Факторы, влияющие на уровень шума в салоне гражданского самолета, включают в себя внешние и внутренние источники шума, а также конструктивные мероприятия по снижению шума в салоне. Внешние источники шума — это акустическое излучение двигателя и так называемый шум турбулентного пограничного слоя. Внутренние источники шума в основном включают шум, возникающий при работе КСКВВ, гидравлической системы и других систем самолета. Различные типы источников шума оказывают влияние на звуковое поле в кабине экипажа и салоне и характеризуются разными путями

передачи звуковой энергии с определенными частотными характеристиками. При проектировании самолета необходимо учитывать такие факторы, как дополнительный вес, габаритные ограничения, экологичность, безопасность и ремонтопригодность и т. д.

Акустическое проектирование самолета должно быть осуществлено в соответствии с ГОСТ Р 58849 с учетом следующих критериев:

а) создаваемая авиационная техника должна удовлетворять требованиям заказчика, требованиям к летной годности и охране окружающей среды от воздействия авиации и обеспечивать возможность ее эффективного и безопасного применения;

б) при создании авиационной техники необходимо руководствоваться современными принципами ее проектирования и разработки на базе опережающего научно-технического задела;

в) акустические материалы, применяемые в конструкции самолета, должны соответствовать требованиям экологичности и ограничения веса;

г) все акустические материалы и акустическая конструкция салона и кабины экипажа должны соответствовать требованиям, указанным в пункте 25.856 авиационных правил [1].

4.3 Этапы акустического проектирования самолета

4.3.1 В рамках акустического проектирования самолета на всех этапах необходимо выполнять комплекс работ, основное содержание которых включает в себя:

а) этап предварительного анализа, в процессе которого формируются шумовые показатели на основе анализа требований рынка и определяются целевые показатели по шуму каждой системы самолета;

б) этап разработки технического предложения. На данном этапе необходимо выполнить такие работы, как оценка аэроакустических нагрузок, действующих на фюзеляж, и оценка шума в кабине экипажа и салоне в соответствии с выбором маршевой силовой установки, аэродинамической компоновки и конструкции самолета с учетом вклада основных источников шума в кабине экипажа и по длине салона, а также составить предварительный план (содержание работ) в части акустического проектирования с учетом доминирующих источников шума в салоне;

в) этап эскизного проекта в соответствии с ограничениями по шуму систем самолета и информацией о вкладе основных источников шума, в ходе которого выполняют акустическое проектирование отсеков фюзеляжа, дверей, остекления, бортовых систем и систем двигателя самолета посредством имитационного анализа и проводят верификационные испытания. На этом этапе предоставляют подробное описание акустического проектирования для конструкции самолета и систем;

г) этап технического проекта. На этом этапе определяют акустические характеристики материалов, применяемых для отделки салона, и проводят необходимые верификационные виброакустические испытания фюзеляжа или секции с выполненной облицовкой панелями интерьера самолета;

д) этап изготовления опытного самолета и проведения летных испытаний, который представляет собой верификацию акустического проектирования на базе оценки конструкции и систем самолета. С этой целью проводят лабораторные, наземные и летные испытания, осуществляют оценку соответствия систем самолета требуемым шумовым показателям и верификацию цифрового двойника (акустической расчетной модели), причем последняя может быть использована для дальнейшего улучшения акустических характеристик пассажирского салона.

4.3.2 Комплекс работ в части акустического проектирования самолета на различных этапах проекта представлен на рисунке 1.

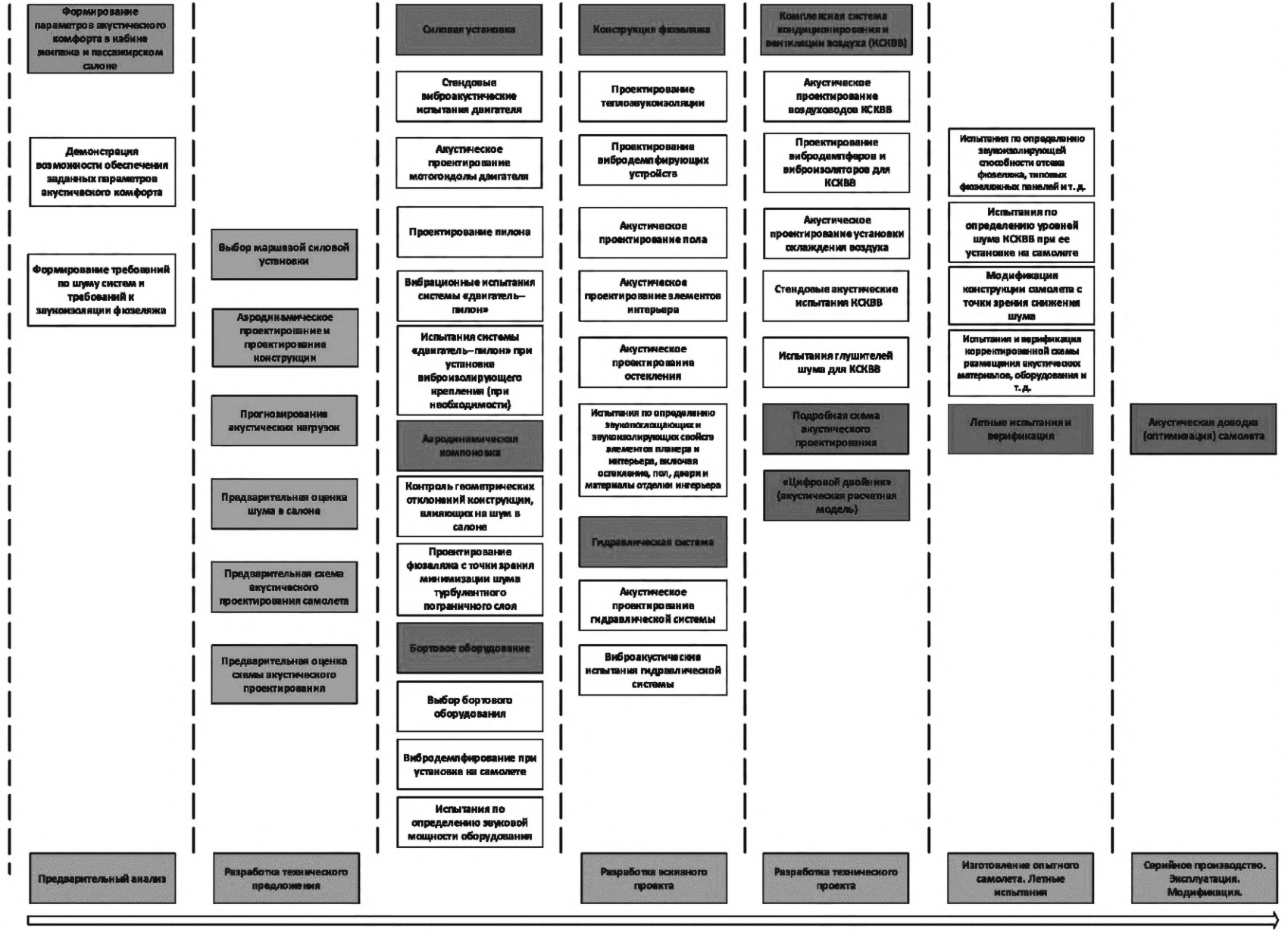

Рисунок 1 — Комплекс работ в части акустического проектирования самолета на различных этапах проекта

4.4 Методика проектирования

4.4.1 Общие положения

Акустическое проектирование выполняют в соответствии с показателями акустического проектирования каждой системы воздушного судна и оптимизацию процесса акустического проектирования проводят поэтапно с использованием имитационного анализа и экспериментальной верификации до тех пор, пока уровни шума в кабине экипажа и салоне не достигнут расчетных значений.

Процесс акустического проектирования при создании самолета показан на рисунке 2 и в основном включает в себя:

а) вибродемпфирование и снижение шума силовой установки. Разработчик самолета формулирует для поставщиков маршевой силовой установки проектные требования в соответствии с показателями акустического проектирования силовой установки. Затем выполняют проектные работы (т. е. проектируют мотогондолу двигателя с учетом звукопоглощающих конструкций и виброизолирующие крепления) в соответствии с конкретным двигателем и данными о вибрации и шуме двигателя и проводят лабораторные или стендовые испытания для проверки соответствия виброакустических характеристик двигателя целевым показателям;

б) акустическое проектирование конструкции кабины экипажа и салона. В соответствии с результатами оценки шума в кабине экипажа и салоне, а также с требованиями к предельным акустическим показателям осуществляют акустическое проектирование самолета, в том числе акустическое проектирование панелей фюзеляжа (боковых и потолочных), пола, входных дверей и остекления, перегородки в кабину экипажа, элементов интерьера и т. д. Затем выполняют верификацию акустического проектирования конструкции самолета. При этом проводят испытания по определению виброакустических характеристик типовых фюзеляжных панелей, испытания по определению звукопоглощающих свойств материалов для отделки интерьера, виброакустические испытания отсека фюзеляжа и т. д.;

в) снижение вибрации и шума бортовых систем самолета. Разработчик самолета формулирует для поставщиков систем самолета требования в соответствии с целевыми показателями по шуму бортовых систем самолета. Выполняется акустическое проектирование систем самолета, заключающееся в снижении шума в источнике, применении звукоизоляционных покрытий, виброизоляции трубопроводов и осуществляется оптимизация компоновки агрегатов систем с учетом их виброакустических показателей.

Рисунок 2 — Процесс акустического проектирования в процессе разработки самолета

4.4.2 Определение индексов шума в кабине экипажа и салоне

В соответствии с суммарным уровнем шума в кабине экипажа и салоне проектируемого самолета индекс шума присваивают каждой подсистеме самолета, включая силовую установку, конструкцию фюзеляжа, комплексную систему кондиционирования и вентиляции воздуха, гидравлическую систему и другие бортовые системы самолета. В конструкции фюзеляжа при определении звукоизолирующей способности панелей фюзеляжа самолета следует учитывать распределение аэроакустической нагрузки на поверхности фюзеляжа и общие требования к акустическим показателям для различных зон салона, выраженные в виде 1/3-октавных спектров. Ограничения по шуму маршевой силовой установки должны включать ограничения частотного спектра акустических и вибрационных нагрузок от двигателя и должны быть указаны в виде спектров с шириной полосы 1/1, 1/3-октава или с постоянной заданной шириной полосы.

4.4.3 Оценка шума в салоне

В процессе проектирования расчетные оценки и предварительный анализ шума в салоне самолета должны соответствовать его общей конфигурации, установке конкретной силовой установки, конструкции, компоновке и распределению элементов интерьера самолета и т. д. Для оценки соответствия самолета заявленным целевым акустическим параметрам необходимо на различных этапах проектирования осуществлять расчетные и экспериментальные исследования, улучшать конструкцию акустических материалов для снижения уровня шума в кабине экипажа и салоне самолета.

4.4.4 Проектирование конструкций из акустических материалов для снижения шума в салоне

При проектировании конструкции самолета должны быть приняты меры для уменьшения передачи внешнего шума в салон путем звукоизоляции фюзеляжа, вибродемпфирования и/или активного управления шумом и вибрацией.

Основные работы включают в себя:

а) конструкцию теплозвукоизоляции типовой панели фюзеляжа воздушного судна. Панель фюзеляжа воздушного судна должна обладать качественными звукоизоляционными свойствами и соответствовать требованиям по весу, охране окружающей среды, монтажу и техническому обслуживанию, летной годности и т. д. При массовых и пространственных ограничениях должна быть предложена многослойная конструкция теплозвукоизоляции без жесткого соединения между панелями фюзеляжа и интерьера. Конструкция теплозвукоизоляции панели фюзеляжа самолета должна быть определена в соответствии с частотными характеристиками внешнего аэроакустического нагружения (акустическое поле силовой установки и поля пульсаций давления в турбулентном пограничном слое). Требования к теплозвукоизоляции должны быть проверены (верифицированы) в лабораторных условиях по определению звукоизоляции типовых фюзеляжных панелей при различных облицовках;

б) звукопоглощающие элементы интерьера. Элементы интерьера, обладающие звукопоглощающими свойствами, включают в себя пассажирские кресла, ковры, декоративные панели, стойки, потолочные панели, декоративные ткани, дверные шторы и т. д. Применяемые в элементах интерьера материалы и непосредственно конструкции должны соответствовать требованиям, предъявляемым к характеристикам звукопоглощения, что подтверждается в лабораторных условиях;

в) конструкцию звукоизоляции остекления и входных дверей. Остекление и входные двери имеют многослойную структуру, гибкое соединение между слоями и герметизацию под давлением вокруг конструкции. Исходя из требований к герметичности необходимо обеспечить минимальное дополнительное прохождение звуковой энергии в салоне через остекление и входные двери.

Для многослойной конструкции в середине двери кабины предусмотрен соответствующий звукопоглощающий слой с учетом конструктивных ограничений. В конструкции также должны быть приняты меры по звукопоглощению и вибродемпфированию для того, чтобы избежать дополнительного прохождения звука через оконные и дверные стыки.

4.4.5 Контроль шума бортовых систем и оборудования

Контроль шума бортовых систем (включая КСКВВ, авионику, электрическую и гидравлическую системы), оборудования и агрегатов должен соответствовать следующим принципам:

а) шум бортовой системы и оборудования самолета должен соответствовать требуемым ограничениям;

б) бортовое оборудование должно быть установлено на максимальном расстоянии от пассажирского салона;

в) для оборудования, генерирующего высокие уровни шума, следует применять средства пассивной вибро- и звукоизоляции;

г) при необходимости в конструкции трубопроводов КСКВВ должны быть предусмотрены глушители;

д) системы бортового оборудования, генерирующие при работе высокие уровни вибрации, должны быть оснащены устройствами гашения вибрации;

е) крепления трубопроводов должны обеспечивать их вибродемпфирование.

4.4.6 Снижение шума и вибрационного воздействия (структурного шума) двигателей

Конструкция силовой установки должна быть оптимизирована для снижения шума двигателя в передней и задней полусферах. Двигатель должен быть оснащен виброизолирующим креплением. Для проверки эффективности технологий снижения шума двигателя и виброизолирующих устройств должны быть проведены лабораторные и/или стендовые испытания.

5 Детальные требования

5.1 Оценка шума в салоне и показатели шума подсистем самолета

5.1.1 Оценка шума в кабине экипажа и салоне должна осуществляться на всех этапах проектирования самолета, подтверждая требуемые акустические параметры от этапа предварительного анализа до этапа серийного производства и эксплуатации, и должна включать в себя оценку звукоизоляции (звукоизолирующей способности) отсеков фюзеляжа, характеристик звукового поля в различных сечениях по длине салона и т. д.

Основными методами для оценки шума являются:

- метод конечных элементов (FEM);
- метод граничных элементов (BEM);
- статистический энергетический анализ (SEA);
- гибридный метод статистического энергетического анализа и метода конечных элементов (FE-SEA);
- метод трассировки лучей (Ray Tracing Method) и т. д.

Как правило, методы FEM и BEM используют для оценки шума в низкочастотной области, гибридный метод FE-SEA адаптирован для диапазона средних частот, а метод трассировки лучей применяют для высокочастотной области.

5.1.2 На разных этапах проектирования необходимо применять методы численного моделирования, инженерные, аналитические и другие методы для оценки соответствия самолета заявленным параметрам акустического комфорта. При проектировании самолета разрабатывают акустическую модель его пассажирского салона и кабины экипажа. Верификация процесса проектирования должна быть основана на разработанных акустических моделях (цифровых двойников). При модификации самолета (акустической доводке) также целесообразно использовать акустические расчетные модели. Разработка акустических расчетных моделей (цифровых двойников) должна быть осуществлена в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р 57700.37.

5.1.3 Согласно результатам моделирования шума в салоне на этапе предварительного анализа устанавливают предельно допустимые уровни шума в салоне и кабине экипажа, а также формулируют требования по шуму к каждой системе. Полное распределение показателей шума в пассажирском салоне и кабине экипажа должно соответствовать требованиям к акустическим показателям, представленным в 4.4.2. Рекомендуемые показатели шума КСКВВ должны быть сформулированы, в частности, при работе системы в наземных условиях на номинальном режиме с отбором воздуха от ВСУ.

5.1.4 Основные источники шума, пути передачи звуковой энергии в салон и кабину экипажа и методы снижения интенсивности шума должны быть определены на основе результатов моделирования.

5.1.5 Необходимо также определить акустические нагрузки, действующие на поверхность фюзеляжа самолета (вентилятор и реактивная струя двигателя) в режиме крейсерского полета, и звукоизоляцию типовых панелей фюзеляжа.

5.1.6 Разработчик самолета на основе результатов моделирования формулирует требования по шуму для потенциальных поставщиков систем самолета.

5.2 Акустическое проектирование конструкции самолета и его интерьера

5.2.1 Требования к конструкции звукоизоляции для панелей фюзеляжа

На основе выполнения требований перечислений а), в) 4.4.4 сформулированы требования к акустическому проектированию конструкций, включая панели фюзеляжа, обтекателя крыла, двери в кабину экипажа, аварийные выходы, остекление и полы, а также различные требования к показателям звукоизоляции для различных зон установки панелей фюзеляжа.

5.2.1.1 Конструкция панелей фюзеляжа самолета

В соответствии с аэроакустическими нагрузками, действующими на различные участки внешней поверхности фюзеляжа, и с целевыми показателями по шуму в кабине экипажа и салоне конструкция панели фюзеляжа, включая обшивку фюзеляжа, теплозвукоизоляцию, и внутренние панели интерьера должны быть спроектированы таким образом, чтобы соответствовать требованиям к звукоизоляции. При этом необходимо обратить внимание на два аспекта:

а) слои теплозвукоизоляционных материалов. Материал, его толщина и способ установки должны обеспечивать целостность конструкции. Следует избегать вырезов и фрагментации матов теплозвукоизоляции для сохранения звукоизоляционных свойств конструкции;

б) облицовочная панель интерьера. Необходимо учитывать звукоизоляционные, виброизолирующие и звукопоглощающие эффекты облицовочных панелей интерьера. Должно быть проведено испытание по определению звукоизоляции панели интерьера для проверки требуемых параметров, предназначенное для типовых фюзеляжных панелей при наличии акустических материалов и облицовочной панели интерьера. Установка облицовочной панели должна сводить к минимуму повреждение и поджатие слоев теплозвукоизолирующих материалов.

5.2.1.2 Входные двери и аварийные выходы

В конструкции этих элементов приоритет должен отдаваться герметичности конструкции фюзеляжа. Для входных дверей рекомендуется многослойная панельная конструкция. При этом необходимо обеспечивать и экспериментально подтвердить, что звукоизоляция входных дверей не хуже звукоизоляции боковых фюзеляжных панелей.

5.2.1.3 Остекление

При проектировании конструкции остекления следует учитывать такие факторы, как размер окна, материал и толщина оконных панелей разных слоев, зазор между оконными панелями и способ установки. Рекомендуется использовать многослойную звукоизоляционную конструкцию с воздушным слоем посередине. Необходимо экспериментально проверить и подтвердить, что конструкция панелей фюзеляжа с остеклением (боковых панелей) имеет звукоизолирующие характеристики не ниже, чем конструкция панелей без остекления (потолочных).

5.2.2 Требования к звукопоглощению конструкции элементов интерьера

В соответствии с перечислением б) 4.4.4 конструкции элементов интерьера, включая пассажирские сиденья, ковры, шторы, внутренние перегородки и т. д., должны обладать качественными звукопоглощающими характеристиками.

Выбор материалов для внутренней отделки самолета должен быть осуществлен в соответствии со следующими требованиями:

а) декоративная ткань и подкладка для пассажирских кресел являются основными звукопоглощающими материалами в салоне, и их выбор для применения на самолете должен быть осуществлен с учетом их звукопоглощающих характеристик;

б) материал коврового покрытия следует выбирать с учетом его звукопоглощающих и виброизолирующих свойств. При этом толщину коврового покрытия определяют таким образом, чтобы обеспечивались требуемые характеристики звукопоглощения и виброизоляции в условиях массовых ограничений;

в) материал панелей внутренней отделки интерьера должен обладать высокими показателями звукопоглощения;

г) разделительная панель между салонами самолета должна иметь структуру, обеспечивающую высокие показатели звукопоглощения в проблемном частотном диапазоне салона.

5.3 Акустическое проектирование и установка маршевой силовой установки самолета

5.3.1 Требования к конструкции мотогондолы двигателя

Конструкция мотогондолы двигателя должна соответствовать требуемым параметрам, обеспечивающим акустическую сертификацию самолета (по шуму на местности) и низкие уровни шума в салоне самолета.

5.3.2 Требования к виброизолирующему креплению двигателя

В соответствии с положениями пункта 33.63 авиационных правил [2] конструкция двигателя должна быть такой, чтобы его работа в ожидаемых условиях эксплуатации и эксплуатационном диапазоне изменения частоты вращения и мощности (тяги) не вызывала чрезмерных вибрационных напряжений в любой детали двигателя и не сопровождалась передачей чрезмерных вибрационных нагрузок на конструкцию самолета.

Основываясь на исходных данных о виброакустических характеристиках двигателя, предоставленных поставщиком, разработчик самолета принимает решение о необходимости и целесообразности установки виброизолирующих креплений в узлы навески двигателя. Устройство для виброизоляции двигателя должно быть разработано в соответствии со спектром вибрационного нагружения, предоставленного поставщиком двигателя, и должно эффективно функционировать в заданном частотном диапазоне. При этом необходимо выполнить требования пункта 33.63 авиационных правил [2].

5.4 Акустическое проектирование бортовых систем самолета

5.4.1 Требования к акустическому проектированию вентиляторов КСКВВ

5.4.1.1 Оценка шума, излучаемого вентиляторами КСКВВ

Звуковая мощность вентиляторов КСКВВ (нагнетающих, вытяжных и рециркуляционных) должна быть определена в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 3741, ГОСТ Р ИСО 3744 и ГОСТ Р ИСО 3747. Необходимо определить вклад акустического излучения каждого вентилятора в суммарную интенсивность шума по длине салона и в кабине экипажа.

5.4.1.2 Требования к установке вентиляторов КСКВВ

Установка вентиляторов КСКВВ должна соответствовать следующим требованиям:

а) вентиляторы следует устанавливать на максимальном расстоянии от пола пассажирского салона и кабины экипажа;

б) валы вентиляторов КСКВВ должны быть сбалансированы с целью исключения повышения уровней вибрации и шума в салоне и в кабине экипажа;

в) для соединительных труб на входе и выходе из вентилятора должно быть установлено гибкое виброизолирующее соединение. Если используются жесткие трубы, то они не должны быть непосредственно соединены с конструкцией фюзеляжа;

г) для снижения шума вентилятора, распространяющегося через корпус, следует использовать специальные звукоизолирующие кожухи, покрытия и т. д.

5.4.2 Требования к акустическому проектированию установки охлаждения воздуха КСКВВ

5.4.2.1 Оценка шума, излучаемого установкой охлаждения воздуха КСКВВ

Звуковая мощность установки охлаждения воздуха должна быть определена в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 3741, ГОСТ Р ИСО 3744 и ГОСТ Р ИСО 3747. Необходимо определить вклад акустического излучения от установки охлаждения воздуха в суммарные уровни шума по длине салона и в кабине экипажа.

5.4.2.2 Требования к монтажу установки охлаждения воздуха

Месторасположение установки охлаждения воздуха на самолете должно быть оптимизировано, также должен быть обеспечен ее монтаж с целью минимизации шума. Установка охлаждения воздуха должна быть размещена в негерметичных зонах. В узлах крепления установки охлаждения воздуха необходимо обеспечить вибродемпфирование.

Установка системы охлаждения должна соответствовать следующим требованиям:

а) система охлаждения должна быть установлена в негерметичных зонах, в которых затруднено производство усиленной вибрации. Вибрационные демпферы должны находиться в точке установки системы охлаждения;

б) гибкие гофрированные трубы, шланги в металлической оплетке или скользящие рукава должны быть использованы для соединения между элементами охлаждения и каналами входа/выхода для подавления распространения вибрации;

в) в тех случаях, когда уровень шума в каналах выхода системы охлаждения достаточно высокий, необходимо установить соответствующий амортизационный глушитель, причем конструкция данного глушителя должна полностью учитывать характеристики шума, производимого в результате вращения турбины в системе охлаждения;

г) такие акустические покрытия и ограждающие конструкции, как перегородки, коробка с твердой пеной и акустическая надстройка, должны быть использованы для охлаждающей системы КСКВВ; изо-

ляционные амортизирующие коврики или стекловата могут быть применены для поглощения шума вращения в максимальной степени;

д) если оборудование звукового источника КСКВВ (т. е. системы охлаждения и рециркулирующие вентиляторы) установлено на дне грузового корпуса, пол должен быть покрыт амортизирующими прокладками либо звукоизоляционным материалом на противоположной стороне пола для улучшения звукоизоляции конструкции пола.

5.4.3 Требования к акустическому проектированию вентиляционных решеток и устройств индивидуального обдува КСКВВ

Конструкция вентиляционных решеток и устройств индивидуального обдува КСКВВ должна соответствовать следующим требованиям:

а) когда все устройства индивидуального обдува в пассажирском салоне и кабине экипажа открыты, суммарный корректированный уровень шума не должен существенно увеличиваться. Допустимо только локальное повышение уровней шума в зонах расположения устройств индивидуального обдува;

б) для обеспечения малошумной работы устройств индивидуального обдува рекомендуется использовать вентиляционное сопло с малым сопротивлением потоку (сопло с выпрямляющим конусом);

в) вентиляционные выпускные решетки в зонах кухни и туалета должны быть спроектированы с низким уровнем шума, а вентиляционные каналы не должны иметь явных резких изменений в изгибе для того, чтобы предотвратить дополнительное шумовое излучение;

г) расход воздуха через выпускные решетки в салоне должен контролироваться для того, чтобы избежать дополнительного шумового излучения.

5.4.4 Требования к акустическому проектированию воздуховодов КСКВВ

Уровень звуковой мощности шума, излучаемого воздуховодами КСКВВ (включая клапаны), оценивают при номинальном расходе воздуха.

Проектирование трубопроводов должно быть осуществлено в соответствии со следующими требованиями:

а) сужения и расширения разветвлений и патрубков воздуховодов КСКВВ должны быть выполнены с точки зрения минимизации пульсаций давления и испытаны в стендовых условиях для подтверждения результатов моделирования;

б) при компоновке воздуховодов следует избегать излишних изгибов, особенно под прямым углом. По возможности радиус скругления воздуховода должен быть не менее чем в три раза более диаметра трубы;

в) на прямолинейном участке воздуховодов КСКВВ следует применять гладкие, негофрированные трубы. В частности, стоячая труба, используемая для подачи воздуха из смесительной камеры в основную распределительную трубу, должна по возможности обеспечивать плавный переход. Поперечное сечение смесительной камеры системы распределения воздуха должно быть выполнено круглым;

г) дроссельные клапаны, используемые для регулирования воздуха, поступающего в различные секции труб, должны находиться на максимальном расстоянии от патрубков, изогнутых труб и выше по потоку от выходного отверстия. В то же время вместо дроссельных клапанов с одним отверстием следует использовать дроссельные клапаны с несколькими отверстиями одинаковой площади;

д) при соединении воздуховодов следует избегать резонанса.

5.4.5 Требования к акустическому проектированию глушителей для КСКВВ

Конструкция глушителей для КСКВВ должна соответствовать следующим требованиям:

а) глушители шума КСКВВ должны быть установлены рядом с расположенными ниже по потоку шумящими агрегатами КСКВВ;

б) жесткие глушители применяют только для установки в горизонтальном положении. Пространство между жесткой поверхностью глушителя и близлежащими панелями конструкции фюзеляжа должно быть заполнено огнестойкими изоляционными материалами, характеристики которых должны соответствовать требованиям, указанным в пункте 25.856 авиационных правил [1];

в) гибкие глушители должны быть установлены в зоне трубопроводов подачи воздуха в пассажирский салон.

5.4.6 Требования к акустическому проектированию гидравлической системы

Гидравлическая система самолета должна соответствовать следующим требованиям:

а) при работе гидравлической системы самолета максимальный уровень шума не должен превышать предельных значений, сформулированных разработчиком самолета и заложенных в целевом показателе шума системы;

б) конструкции элементов гидравлической системы должны быть оптимизированы с точки зрения минимизации пульсаций давления и вибрации, приводящих к повышенному шуму;

в) при компоновке трубопроводов гидравлической системы необходимо избегать прямого подключения трубопроводов к конструкции фюзеляжа.

5.4.7 Требования к акустическому проектированию других бортовых систем и оборудования

Данные о звуковой мощности других систем и оборудования, полученные в лабораторных условиях, используют для их оптимального размещения в бортовой конструкции и при оценке относительного вклада каждого шумящего агрегата в суммарный уровень шума в салоне.

Акустическое проектирование других бортовых систем и оборудования должно быть осуществлено в соответствии со следующими требованиями:

а) при установке бортового оборудования на самолет необходимо избегать прямого соединения шумящих агрегатов с конструкцией салона и кабины экипажа. В зависимости от вибрационных характеристик агрегата необходимо предусматривать в конструкции его креплений элементы виброизоляции;

б) шум, излучаемый бортовым оборудованием, не должен оказывать заметного влияния на акустическую обстановку в салоне и кабине экипажа. При необходимости следует обеспечить звукоизоляцию шумящих агрегатов.

6 Требования к верификации

6.1 Испытания по определению звукоизоляции элементов конструкции самолета и звукопоглощающих свойств элементов его интерьера

6.1.1 Проверка эффективности звукоизоляции элементов конструкции самолета

Измерение индекса шумоподавления с помощью проверки эффективности звукоизоляции конструкции панелей самолета необходимо для получения данных для выбора его конструкции и акустического дизайна. Проверка эффективности звукоизоляции конструкции панели самолета в основном включает в себя следующее:

а) проверку эффективности звукоизоляции и определение виброакустических характеристик типовых панелей (металлических или композитных) самолета в различных зонах по длине салона самолета;

б) проверку эффективности звукоизоляции входных дверей;

в) проверку эффективности звукоизоляции боковых панелей фюзеляжа с остеклением;

г) проверку эффективности звукоизоляции панелей самолета, облицованных теплозукоизоляцией при наличии панелей интерьера;

д) проведение испытаний по выбору акустических материалов и оптимизации их размещения в бортовой конструкции самолета.

6.1.2 Испытания по определению звукопоглощающих свойств элементов интерьера

Коэффициент звукопоглощения материалов отделки интерьера и импеданс должны быть определены экспериментально. Данные о звукопоглощающих свойствах элементов интерьера используют для выбора материалов для отделки салона и кабины экипажа.

Проверка эффективности звукопоглощения материалов отделки в основном включает в себя следующее:

а) проверку эффективности звукопоглощения материалов пассажирских кресел;

б) проверку эффективности звукопоглощения коврового покрытия;

с) проверку эффективности звукопоглощения панелей интерьера.

Испытания по определению звукопоглощающих свойств элементов интерьера следует проводить с учетом методик, представленных в [3], [4], и в соответствии с ГОСТ 31704.

6.2 Испытания по определению уровней шума и виброизоляции силовой установки самолета

6.2.1 Испытания по определению акустических характеристик силовой установки

Наземные испытания по определению акустических характеристик силовой установки проводит поставщик МСУ при сопровождении со стороны разработчика самолета.

Поставщик МСУ предоставляет разработчику самолета результаты акустических испытаний (включая данные о шуме МСУ в ближнем и дальнем поле), которые используют для оценки акустических нагрузок, действующих на фюзеляж.

Проверка акустических характеристик силовой установки в основном включает в себя проведение:

а) акустических испытаний двигателя на наземном открытом стенде;

б) лабораторных испытаний звукопоглощающих конструкций для мотогондолы двигателя.

6.2.2 Испытания по проверке эффективности виброизоляции в узлах крепления двигателя

Необходимо проектировать устройства, обеспечивающие снижение уровней вибрации на пилоне в узлах крепления двигателей, в соответствии со спектром вибрационного нагружения двигателя. Спектр вибрационного нагружения предоставляет поставщик двигателя.

Проверка эффективности применения виброизолирующего крепления двигателя в основном включает в себя:

а) проведение испытаний по определению вибрационных характеристик системы «пилон—двигатель»;

б) оценку эффективности виброизолирующего крепления в стендовых испытаниях двигателя.

6.3 Измерения шума бортовых систем и оборудования самолета

6.3.1 Виброакустические испытания КСКВВ

Соответствие КСКВВ целевым показателям определяют при проведении виброакустических испытаний, которые в основном включают в себя:

а) акустические испытания, которые выполняют перед установкой КСКВВ на самолет и которые должны соответствовать следующим требованиям:

1) проверку акустических характеристик оборудования, такого как вентиляторы, воздуховоды, выпускные клапаны и установка охлаждения воздуха, следует проводить в соответствии с требованиями, представленными в ГОСТ Р ИСО 3741, ГОСТ Р ИСО 3744, ГОСТ ISO 3745 и ГОСТ Р ИСО 3747,

2) при системном стендовом испытании КСКВВ может быть установлена в акустической лаборатории для проверки акустических характеристик системы в различных условиях эксплуатации,

3) должны быть проведены испытания по определению характеристик вибродемпфирования агрегатов КСКВВ,

4) испытание акустических характеристик глушителей для КСКВВ может быть проведено в соответствии с требованиями, представленными в ГОСТ 28100, ГОСТ Р 52799;

б) проверка акустических характеристик КСКВВ при установке на самолете выполняется для оценки соответствия КСКВВ требуемым параметрам. Требования к проведению акустических испытаний следующие:

1) уровни шума должны быть измерены в контрольных точках по длине салона и в кабине экипажа в наземных условиях при работе КСКВВ с отбором воздуха от ВСУ, при этом силовая установка выключена,

2) входные двери, люки и дверь в кабину экипажа во время испытаний должны быть закрыты,

3) интерьер и оборудование в салоне должны соответствовать типовой конструкции самолета,

4) устройства индивидуального обдува должны быть открыты,

5) общее количество персонала, проводящего испытания и находящегося в салоне и кабине экипажа, должно быть сведено к минимуму.

6.3.2 Акустические испытания других бортовых систем и оборудования

Испытания по определению акустических характеристик других бортовых систем и оборудования проводят в соответствии с требованиями, представленными в ГОСТ Р ИСО 3741, ГОСТ Р ИСО 3744, ГОСТ ISO 3745 и ГОСТ Р ИСО 3747.

6.4 Измерения шума в салоне самолета

Испытания по определению уровней шума в отсеке фюзеляжа в лабораторных условиях и в салоне самолета в полетных условиях проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 20296 (см. также [5]). Испытания выполняют для верификации требуемых акустических параметров, таких как уровни звукового давления в 1/1 и 1/3-октавных полосах частот, уровень корректированного по шкале А звукового давления, время реверберации, уровень речевых помех, индекс передачи речи для кабины экипажа и т. д. Результаты измерения шума в салоне используют для улучшения акустической расчетной модели.

Испытания по шуму в салоне в основном включают в себя:

а) виброакустические испытания отсека фюзеляжа в лабораторных условиях;

б) наземные и летные испытания по определению акустических и аэроакустических нагрузок на поверхности фюзеляжа;

в) верификационные летные испытания по определению целевых показателей по шуму в салоне.

Приложение А
(справочное)

Основные расчетные соотношения для определения акустических параметров самолета

А.1 Эффективное звуковое давление

Эффективное звуковое давление $p_э$, Па, может быть рассчитано по формуле

$$p_э = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T p^2 dt}, \quad (А.1)$$

где T — репрезентативный средний временной участок, с;

p — звуковое давления, Па.

А.2 Интенсивность звука

Интенсивность звука I, Вт/м^2, определяют по формуле

$$I = \frac{\overline{W}}{S} = \bar{\varepsilon} c_0, \quad (А.2)$$

где $\overline{W}$ — средняя звуковая мощность, Вт;

S — площадь измерения, м^2;

$\bar{\varepsilon}$ — осредненная плотность акустической энергии, Дж/м^3;

c_0 — скорость звука, м/с.

Примечание — Интенсивность звука — это векторная величина, и ее направление представляет собой направление движения потока акустической энергии в звуковом поле.

А.3 Уровень звукового давления

Уровень звукового давления L_p определяют по выражению

$$L_p = 20\lg\left(\frac{p_э}{p_0}\right), \quad (А.3)$$

где $p_э$ — эффективное звуковое давление, Па;

p_0 — пороговое значение звукового давления в воздухе, равное 20 мкПа.

А.4 Уровень звуковой мощности

Уровень звуковой мощности L_W определяют по выражению

$$L_W = 10\lg\left(\frac{W}{W_0}\right), \quad (А.4)$$

где W — звуковая мощность источника шума, Вт;

W_0 — пороговое значение звуковой мощности, равное 10^{-12} Вт.

А.5 Звукоизоляция и звукоизолирующая способность

Звукоизоляция TL может быть определена по выражению

$$TL = 10\lg\left(\frac{I_1}{I_2}\right), \quad (А.5)$$

где I_1 и I_2 — интенсивность звука падающей и проходящей волн, Вт/м^2.

ЗИС может быть определена по выражению

$$ЗИС = 10\lg\left(\frac{p_1^2}{p_0^2}\right) - 10\lg\left(\frac{I_2}{I_0}\right), \quad (А.6)$$

где p_1 — звуковое давление перед преградой, Па.

А.6 Коэффициент звукопоглощения

Осредненный коэффициент звукопоглощения $\bar{\alpha}$ определяют по выражению

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i S_i}{S}, \quad (A.7)$$

где $S = \sum_{i=1}^{n} S_i$ — суммарная площадь звукопоглощения, м^2.

А.7 Время реверберации

Время реверберации T определяют по выражению

$$T = 0{,}163 \frac{V}{-S \ln(1 - \bar{\alpha})}, \quad (A.8)$$

где S — суммарная площадь замкнутого пространства, м^2;

V — суммарный объем замкнутого пространства, м^3;

$\bar{\alpha}$ — средний коэффициент звукопоглощения замкнутого объема.

Библиография

[1] Авиационные правила. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. Часть 25, 2009

[2] Авиационные правила. Нормы летной годности двигателей воздушных судов. Часть 33, 2012

[3] ИСО 10534-2:1998 Акустика. Определение коэффициента звукопоглощения и акустического импеданса с помощью акустических интерферометров. Часть 2. Метод передаточной функции (Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 2: Transfer function method)

[4] ИСО 10534-1:1996 Акустика. Определение коэффициента звукопоглощения и акустического импеданса с помощью акустических интерферометров. Часть 1. Метод с использованием коэффициента стоячей волны (Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 1: Method using standing wave ratio)

[5] ИСО 5129:2001 Акустика. Измерение уровней звукового давления внутри воздушного судна во время полета (Acoustics — Measurement of sound pressure levels in the interior of aircraft during flight)

УДК 629.7.01:534 ОКС 49.020

Ключевые слова: авиационная техника, акустическое проектирование, пассажирский салон, кабина экипажа

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 11.10.2022. Подписано в печать 13.10.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru