



ИКАО: НОВЫЙ СТАНДАРТ НА ШУМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Юрий Данилович Халецкий, начальник сектора ГИЦ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"



По прогнозу ИКАО ожидается, что в период между 2010 и 2040 годами средние годовые темпы роста парка воздушных судов составят 3,6 %. Другими словами, к 2030 году парк воздушных судов увеличится более чем в 2 раза и практически в 3 раза - к 2040 году. Максимальный рост количества воздушных судов (ВС) ожидается в следующих категориях самолетов: 211-300, 176-210 и 151-175 пассажиров. Главной задачей работы комитета ИКАО по защите окружающей среды от воздействия авиации (КАЕП) является обеспечение комфортной обстановки населению, подвергающемуся воздействию авиационного шума и вредных веществ. Путем ограничения допустимого уровня шума самолетов и эмиссии вредных веществ КАЕП инициирует производителей авиационной техники внедрять новейшие технологии снижения шума в их конструкцию.

Изменение стандарта на шум реактивных самолетов

Очередная 38-я Ассамблея ИКАО, состоявшаяся в октябре 2013 года, утвердила рекомендации КАЕП о введении новых более жестких требований к новым самолетам, проходящим сертификацию. На этот раз новые нормы будут вводиться в два этапа - до 31 декабря 2017 года - для самолетов взлетной массой более 55 т, и до 31 декабря 2020 года для самолетов взлетной массой до 55 т. Основная причина, почему новые нормы вводятся в два этапа, состоит в том, что выполнение требований разработчиком нового стандарта более легкими самолетами является более сложной задачей.

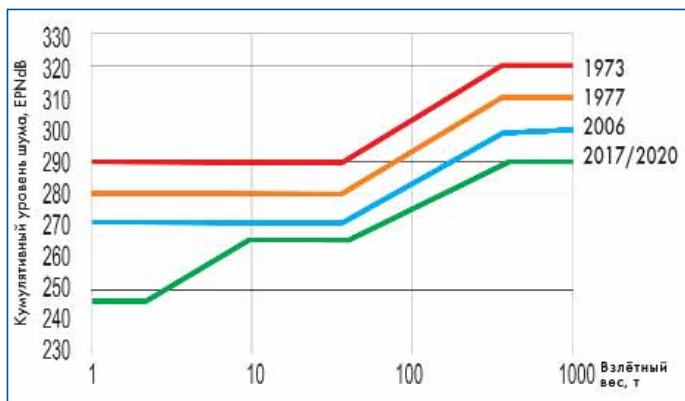


Рис. 1. Предельно допустимые уровни шума сертифицируемых самолетов

Сертификационные нормы на шум самолетов изложены в томе I "Авиационный шум" Приложения 16 к Конвенции по гражданской авиации. Для каждой категории (класса) самолетов нормы по шуму содержатся в отдельной главе Приложения 1. Но для основной категории "Реактивные и винтовые самолеты" при введении новых ограничений появляется новая глава. Так, в соответствии с нормами Главы 2 можно было сертифицировать самолёты по шуму в период 1971-1977 г.г. (рис. 1). В 1977 г были введены нормы Главы 3 на 10 EPNdB более "жесткие", нежели по Главе 2. В соответствии с этим стандартов самолеты проходили сертификацию до 2006 г, когда была введена Глава 4. Нормы Главы 4 ещё на 10 EPNdB были более "жесткими", но появились и некоторые нововведения. Ранее нормировались уровни шума самолета в каждой из трех сертификационных точек: на разбеге сбоку от ВВП (взлетный режим двигателей), на наборе высоты и на посадке. Начиная с Главы 4, нормируется уровень шума самолета по сумме трех сертификационных точек, так называемый кумулятивный уровень, но при условии выполнения в каждой из этих трех точек как минимум нормативных ограничений Главы 3.

Рекомендации о введении новых требований к новым самолетам ГА были приняты на Девятом совещании КАЕП в начале 2013 г. Этому событию предшествовала работа нескольких групп экспертных групп в течение последнего трехлетнего цикла.

Группа независимых экспертов по шуму составила среднес-

рочные (к 2020) и долгосрочные (к 2030) прогнозы в области авиационного шума, а также проанализировала уровень готовности разработок принципиально новых воздушных судов и концепций двигателей (винтовентиляторных двигателей, редукторных турбовентиляторных двигателей, ВС интегральной аэродинамической компоновки сплавным сопряжением крыла и фюзеляжа и т. д.). Группы моделирования и экономического анализа на основе математических моделей составили прогноз экологических и экономических последствий введения ужесточения норм на шум самолетов по пяти сценариям: -3, -5, -7, -9, -11 EPNdB относительно требований ныне



Рис. 2. Проект Double Bubble D8

действующей главы 4 тома 1 "Авиационный шум" Приложения 16.

В подготовленном группой экспертов по авиационному шуму докладе делается вывод, что до 2030 г самолеты обычной схемы с фюзеляжем и крылом будут превалять над авангардными конструкциями, разрабатываемыми для решения задачи снижения шума самолетов. Воздушные суда принципиально новых конструкций, обеспечивающих дальнейшее снижение шума по сравнению с концепциями 2010 г, 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"). 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).

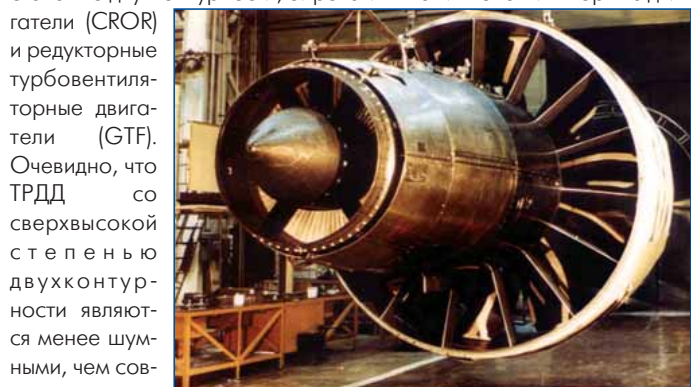


Рис. 3. ТРДД со сверхвысокой степенью двухконтурности НК-93

Очевидно, что ТРДД со сверхвысокой степенью двухконтурности являются менее шумными, чем современные двигатели, однако



Рис. 4. Редукторный ТРДД Pratt&Whitney (geared turbofan) GTF

нием сопротивления мотогондолы при степени двухконтурности более 15.

На ближне- и среднемагистральных самолётах (БСМС) могут устанавливаться биротативные винтовентиляторные двигатели (БВВ) толкающей схемы, установленными в хвостовой

интеграции планер/СУ в диапазоне степеней двухконтурности от 11 до 18 для БСМС и ДМС с двумя двигателями.

Также был 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 6 лопатками компании Dowty). Технологии снижения шума включали усовершенствованную конструкцию воздухозаборника и компрессора и повышенное число лопастей винта до 8, что приводит к уменьшению окружной скорости на периферии.

Самолёт с двигателями типа БВВ ("открытым ротором") может

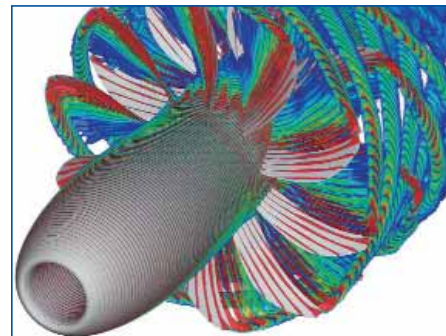


Рис. 6. Проект биротативного винтовентиляторного двигателя (Contra-Rotating Open Rotor) - CROR

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 получены запасы по шуму ТРДД со сверхвысокой степенью двухконтурности (УНВ) традиционной схемы



Рис. 5. Ил-96-550 - исследуемый двухпалубный вариант с ТРДД сверхвысокой степенью двухконтурности



Рис. 7. Перспективная модификация Bombardier Q400 (NextGen)

Таблица 1. Прогнозная оценка достижимой величины запаса кумулятивных уровней шума самолетов относительно стандарта Главы 4 ИКАО.

Категория воздушного судна	Прогноз на 2020			Прогноз на 2030	
	m двигат.	Запас по шуму (TRL6)	Запас по шуму (TRL8)	m двигат.	Запас по шуму (TRL6)
		ЕPNдБ	ЕPNдБ		ЕPNдБ
Региональные реактивные (RJ)					
40 т (номинальный)	7±1	14	14	9±1	21,5±4
50 т (максимальный)	7±1	9,5	8,5±4	9±1	21,5±4
Турбовинтовые самолеты					
45 т (номинальный)		12,5	12±4		
53 т (максимальный)		10	9,5±4		
БСМС с ТРДД:					
78 т (номинальный)	9±1	22,5	21±4	13±1	30±4
98 т (максимальный)	9±1	19	17,5±4	13±1	26,5±4
БСМС с БВВ: 78 т (номинальный)					13,5+2/-6
91 т (максимальный)					10,5+2/-6
Дальнемагистральные воздушные суда с 2 двигателями (LR2)					
230 т (номинальный)	10±1	22	20,5±4	13±1	28±4
290 т (максимальный)	10±1	18,5	17±4	13±1	24,5±4
Дальнемагистральные воздушные суда с 4 двигателями (LR4)					
440 т (номинальный)	9±1	22,5	21±4		
550 т (максимальный)	9±1	16	14,5±4		

продемонстрировать значительно более высокую топливную экономичность, чем ТРДД. Рассматривалась только концепция БВВ в приложении к самолёту категории БСМС2. Для оценки аэродинамических и акустических характеристик использовались данные испытаний масштабированной модели в аэродинамической трубе НАСА. Результаты были использованы в системном анализе для сравнения двигателей с БВВ и со сверхвысокой степенью двухконтурности (УНВ) в приложении к самолёту категории БСМС2.

В таблице 1 представлены среднесрочные (2020) и долгосрочные (2030) прогнозы группы независимых экспертов по запасам уровней шума самолетов относительно Главы 4, включая фактор неопределённости. Для самолетов с турбовинтовыми двигателями ICSSAIA предоставил информацию в ожидаемом диапазоне взлётно-го веса от 35 до 53 тонн для больших турбовинтовых двигателей и от 58.5 до 91 тонн для БВВ. Необходимо отметить, что БВВ рассматривался только в долгосрочной перспективе, а большие турбовинтовые двигатели - только в среднесрочной перспективе.

Приведенные в таблице 1 величины достижимого запаса уров-

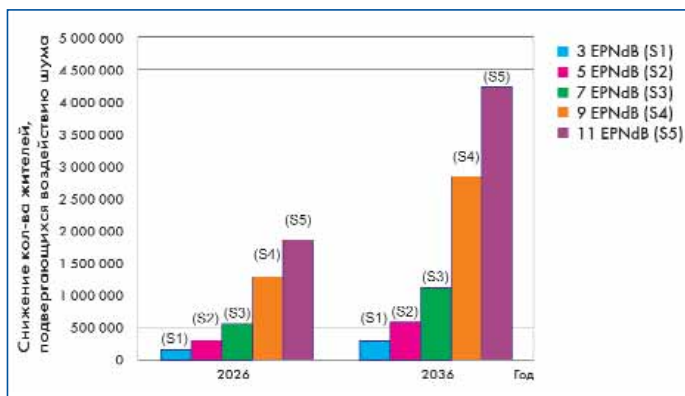


Рис. 8. Сокращение численности населения, подвергаемого воздействию шума со среднесуточным уровнем DNL = 55 дБ

ней шума самолетов относительно стандарта Главы 4 показывают следующее.

- Прогноз на 2020 год показывает, что запас подавляющего числа "тяжелых" реактивных самолетов составляет 17-21 EPNdB, что значительно выше, чем у "легких" самолетов - 8.5-13 EPNdB. Это факт являлся основным аргументом российской делегации, предложившей ужесточить нормы для "тяжелых" и "легких" самолетов раздельно. К сожалению, это предложение принято не было. Однако косвенно этот факт был учтен в рекомендации КАЕП путем оттяжки даты введения новых норм для "легких" самолетов на 3 года.

- Самолеты с БВВ более чем на 15 EPNdB будут иметь больший шум, чем самолеты с традиционными ТРДД.

- Турбовинтовые самолеты взлетным весом 40-50 т имеют примерно те же запасы, что и реактивные самолеты того же взлетного веса.

- Прогнозные уровни шума самолетов мирового парка 2030 года на 7-9 EPNdB ниже 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 на шум самолетов на 3 EPNdB на 281 тыс.чел. снизится количество жителей, подвергающихся воздействию шума, превышающего DNL= 55 дБ, а при ужесточении на 11 EPNdB - на 4,2 млн.чел. (рис. 8). При этом площадь шумового следа с уровнем 55 дБ сжимается с 0,5% до 11% (рис. 9). (DNL взвешенный среднесуточный уровень шума).

Моделирование последствий от реализации каждого сценария ужесточения стандарта для периодических и непериодических расходов в сравнении с базовым вариантом показало следующее. Для сценариев ужесточения стандарта -3 и -5 EPNdB общая сумма прямых расходов снижается, что, возможно, позволит получить экономическую выгоду. Для сценариев ужесточения стандарта -7, -9 и -11

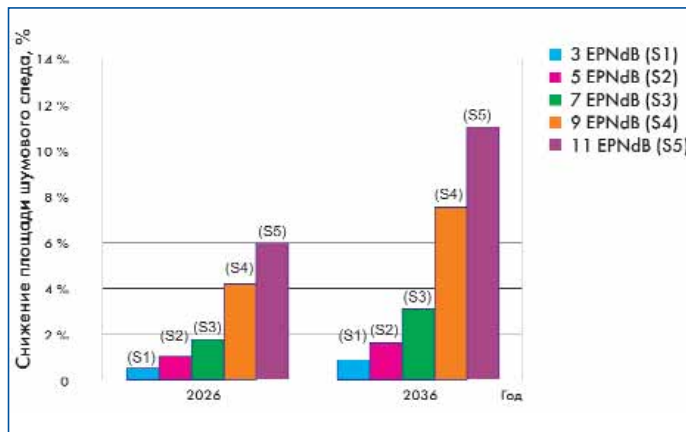


Рис. 9. Снижение площади шумового следа со среднесуточным уровнем DNL = 55 дБ (оценка выполнена по 285 наиболее загруженным аэропортам мира)

EPNdB этот показатель растет. В денежном выражении этот показатель находится в диапазоне от минус 8,68 млрд долл. для -5 EPNdB до 100,2 млрд долл. для -11 EPNdB (рис. 10). Оценки потребления топлива свидетельствуют о наличии аналогичной тенденции в отношении прямых расходов.

Единовременные расходы моделировались таким образом, чтобы учесть дополнительные экономические факторы, которые могут повлиять на изготовителей, владельцев и эксплуатантов воздушных судов в результате реализации сценариев ужесточения требований по шуму. Величины единовременных расходов производителей находятся в диапазоне от 1,69 млрд долл. для варианта -3 EPNdB до 18,82 млрд долл. для варианта -11 EPNdB. Значения единовременных расходов эксплуатантов и владельцев воздушных судов составляют от 0,95 млрд долл. для варианта -3 EPNdB до 9,09 млрд долл. для варианта -11 EPNdB. Величины непериодических затрат могут находиться в некоторых пределах, однако оптимистичная оценка совокупных затрат свидетельствует о том, что вариант -5 EPNdB является экономически эффективным. С точки зрения показателей экономической эффективности сценарий ужесточения стандарта -5 EPNdB постоянно занимал первое место среди рассматриваемых вариантов, а за ним следовал



Рис. 10. Изменение прямых эксплуатационных расходов, связанных с введением ужесточения стандарта на шум самолетов

вариант -3 EPNdB.

Исходя из технических соображений (см. таблицу 1) и экономических расчетов (рис. 8-10), можно было ожидать, что наиболее рациональным решением является сценарий ужесточения норм главы 4 на 5 EPNdB. До самого последнего момента перед началом совещания КАЕП многие представители стран, производящих авиационную технику, склонялись именно к этому решению. Однако во время совещания появилось консолидированное мнение западных стран ужесточить нормы Главы 4 на 7 EPNdB. Оно и было принято совещанием КАЕП как рекомендация Совету ИКАО для принятия на Ассамблее. На наш взгляд это решение было



Таблица 2. Сертифицированные самолеты взлетной массой 2000-8618 кг

Производитель	Тип самолета	Версия	Макс. взл. вес	Запас на наборе высоты	Запас на взлете	Запас на посадке	Общий запас отн. Главы 4
			кг	EPNdB	EPNdB	EPNdB	EPNdB
CESSNA	510	Mustang	3921	10,6	6,1	9,3	16,0
CESSNA	525	CJ1+	4853	12,2	6,7	7,6	16,4
CESSNA	525A	CJ2+	5670	11,1	6,4	6,9	14,3
CESSNA	525B	CJ3	6291	13,2	4,1	10,3	17,7
CESSNA	525C	CJ4	7688	11,6	0,8	8,1	10,5
EMBRAER	EMB-500		4750	15,2	10,4	9,9	25,5
EMBRAER	EMB-505		8150	18,8	5,0	9,3	23,1
RAYTHEON	BEECHJET 400		7158	-0,7	-0,4	6,0	-5,1
RAYTHEON	390 PREMIER		5670	10,0	4,6	4,6	9,1
Eclipse Aerospace			2613	14,3	10,5	12,2	27,0
Eclipse Aerospace			2722	13,1	10,8	12,2	26,2
Emivest Aerospace Corp	SJ30	-2	6327	8,7	6,8	5,2	10,6

продиктовано их коммерческим интересом, направленным против интересов российских производителей.

Изменение стандарта на шум "легких" самолетов.

С момента своего создания стандарт, определяющий предельные уровни шума дозвуковых реактивных самолетов, включает интервалы, в которых допустимые уровни шума не зависят от максимального взлетного веса самолета. За последние 30 с лишним лет эти интервалы оставались неизменными. Точно неизвестно, как были выбраны предельные веса, но подразумевается, что они были выбраны на основе имеющейся информации о весах самолетах, существующих в тот период, т.е. конец 1960 - начало 1970-х.

В 2001 году была согласована Глава 4, в ней сохранились пределы Главы 3, но появилось требование, чтобы суммарный уровень шума по трем сертификационным точкам был не менее чем на 10 дБ ниже Главы 3. С тех пор для CAEP стало обычным делом ограничивать общий суммарный запас шума по отношению к Главе 4. Поэтому изменения для легких самолетов относятся к изменениям предельных уровней шума, представленных в Главе 3, но которые, по определению, повлияют на кумулятивные уровни текущего и будущего стандартов по Главе 4 и 14.

В последние пятнадцать-двадцать лет наблюдается постоянный рост количества реактивных самолетов с взлетным весом менее 30 тыс. кг и до 2721 кг. Небольшие реактивные самолеты в основном взлетают из аэропортов, которые, как правило, в прошлом обслуживали только винтовые самолеты. ИКАО имеет основную задачу удостовериться, что "последние доступные технологии снижения уровня шума внедрены в конструкцию самолета" и, следовательно, рассмотреть соответствующие правила, чтобы уменьшить воздействие шума на местности. Анализ показал, что, несмотря на ужесточение норм за последние 30 лет, легкие самолеты по-прежнему имеют достаточные запасы даже относительно стандартов Главы 4. Так, было отмечено, что несколько очень легких реактивных самолетов имеют кумулятивный запас относительно Главы от 4 до 40 EPNdB. Наконец, было предложено, чтобы изменению подверглись предельные уровни шума для самолетов легче 8618 кг. Полный список сертифицированных вариантов самолетов представлен в Таблице 2. В отношении угла наклона линии путем регрессионного анализа самолетов, находящихся в производстве, в базе данных G&R было показано, что линия тренда по всем весам параллельна существующему наклонному пределу, как показано на Рисунке 1. Другое соображение, то, что нет убедительных аргументов в пользу угла наклона, отличного от су-

ществующего в Главе 3. Таким образом, WG1 пришла к выводу, что наклонные ограничения для каждой точки сертификации должны быть такими же, как в Главе 3, начиная с 8618 кг. Следуя общему принципу, было предложено ввести вторую плоскую часть линии ограничения на 2000 кг.

Последствия введения стандарта по Главе 14.

Как известно, новому стандарту по шуму должны удовлетворять самолеты, проходящие сертификацию, т.е. новые и модифицированные версии. Можно предположить, что новому стандарту должны будут удовлетворять самолеты Як-242 (МС21), а также новые модификации сертифицированные по Главе 4 самолеты Ту-204, RRJ -95 и др., получающие новый сертификат после 2018 г. Казалось бы, что сертифицированные по Главе 4 самолеты новые требования не коснутся, тем более, что КАЕП приняла рекомендацию странам и аэропортам не ограничивать эксплуатацию таких самолетов. Однако все зарубежные производители из коммерческих соображений стремятся, чтобы их продукция отвечала самым последним требованиям экологических стандартов, невзирая на формальные разрешения.

Итак, 38-я Ассамблея ИКАО утвердила рекомендацию КАЕП - включить Главу 14 в Приложение 16, том 1 "Авиационный шум". Стандарт совокупных уровней шума самолетов по Главе 14 ниже уровней Главы 4 на 7 EPNdB. Дополнительное требование - в каждой сертификационной точке уровень шума самолета должен быть ниже предельных уровней Главы 3 не менее, чем на 1.0 EPNdB. Для дозвуковых самолетов взлетной массой ниже 8618 кг изменены предельно допустимые уровни шума. Стандарт по Главе 14 вводится после 31 декабря 2017 (для самолетов взлетной массы менее 55 т - после 31 декабря 2020).



Штаб-квартира Международной организации гражданской авиации ИКАО в Монреале