

Список литературы

1 Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: [утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. N 3363-р] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Дата доступа : 10.09.2022 г.

2 Принятие Парижского соглашения: решение 1/CP.21. Доклад конференции сторон о работе двадцать первой сессии, состоявшейся в Париже с 30 ноября по 13 декабря 2015 года: [документ ООН FCCC/CP/2015/10/Add.1 от 29 января 2016 г.] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Дата доступа : 10.09.2022 г.

УДК 629.7:534

ПРОБЛЕМА БОРЬБЫ С ШУМОМ В АВИАЦИИ

А. А. НАГУЛА, А. В. НАГУЛА

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Рост мощностей двигателей современных самолетов, увеличение скорости полета и численности самолетного парка привели к сильному повышению уровней шума, создаваемых самолетами и экспериментальными установками, используемыми при изучении авиационных проблем. Нередко уровни силы шума достигают 140–150 дБ и более. Проблема борьбы с авиационным шумом является комплексной и включает ряд вопросов медицинского, физиологического, административного, организационного и технического характера.

Основными источниками шума самолетов являются двигатели, воздушные винты, пограничный слой (т. е. слой заторможенного воздуха на поверхности самолета) и ударные волны, образующиеся около самолетов, летящих со скоростями, превышающими скорость звука, равную 1250 км/ч на высоте 500 м и 1100 км/ч – на высоте 10 000 м. В некоторых случаях важную роль играет шум внутреннего оборудования кабин, например нагнетателей в герметических кабинах, вентиляторов, насосов, индивидуальной вентиляции, вентиляционных решеток и т.п.

Основными источниками шума реактивного двигателя являются: свободная струя, вытекающая из сопла двигателя со значительной скоростью, камера сгорания и компрессор с турбиной.

Спектры шума, измеренного вблизи свободной струи в точках А, В и С, показанные на рисунке 1, иллюстрируют влияние расстояния от сопла на частоту образующегося звука. Таким образом, звукообразование не сосредоточено в струе в одном месте, а распределено по ее длине. Шум компрессора имеет меньшую интенсивность, чем шум свободной струи, и отличается весьма высоким тоном. Он хорошо прослушивается только в передней части двигателя.

Шум горения обычно не играет большой роли у нормально работающего двигателя.

Типичный пример спектра шума реактивного двигателя вдали от него представлен на рисунке 2. Из диаграммы видно, что спектр занимает широкую полосу частот, приближаясь к непрерывному характеру. В области частот 100–400 Гц интенсивность шума в спектре имеет максимум. Максимум интенсивности шума реактивного двигателя при больших скоростях истечения газов наблюдается под углом около 30–45° к оси струи.

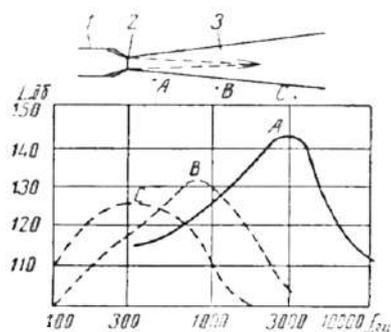


Рисунок 1 – Спектр шума свободной струи реактивного сопла

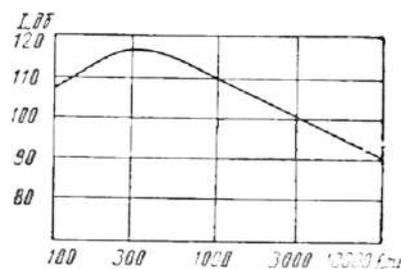


Рисунок 2 – Спектр шума реактивного двигателя вдали

Построив кривые равного шума на местности вокруг самолета, стоящего на аэродроме, можно наметить зоны, в которых пребывание обслуживающего персонала является опасным. У ряда реактивных двигателей имеются форсажные камеры, которые вызывают значительный шум.

Многие современные самолеты имеют воздушные винты. Шум воздушного винта состоит из двух основных составляющих – шума вращения и вихревого шума.

Основную роль для наземного наблюдателя и обычно для пассажиров в кабине самолета играет шум вращения; он возникает из-за возмущений среды, вызываемых движением лопастей винта относительно окружающего воздуха. Основная частота шума вращения равна произведению числа лопастей винта на число оборотов в секунду; остальные частоты кратны этой. Например, шум самолетов имеет частоты 72, 144, 216, 288 Гц и т.д. Его интенсивность быстро возрастает с увеличением скорости вращения, увеличением тяги и уменьшением числа лопастей. Максимум интенсивности шума вращения обычно наблюдается по направлениям, близким к плоскости вращения винта, как установлено Л. Я. Гутиным и Ю. С. Быковым.

Вихревой шум, возникающий из-за образования вихрей в аэродинамическом следе за лопастями винта, обычно имеет высокую частоту и спектр, непрерывный в некотором интервале частот. Он направлен преимущественно по оси вращения, и его роль в шуме, слышимом наземными наблюдателями и в кабине самолета, невелика, иногда он играет главную роль в шуме винта самолета, стоящего на земле.

Существуют винты, концы которых вращаются со скоростью, превышающей скорость звука в окружающем воздухе. Они отличаются весьма сильным шумом.

Приводим сравнительные данные о величинах шума различных авиационных двигателей при одинаковой тяге. Уровень шума различных авиационных двигателей на расстоянии 100 м от двигателя и одинаковой тяге 2000 кг (по Гирке) следующий: поршневой двигатель 2500 л. с. – 103 дБ, воздушный винт при окружной скорости около 300 м/с – 117 дБ, воздушный винт при сверхзвуковой скорости вращения – 127 дБ, турбореактивный двигатель – 125 дБ, турбореактивный двигатель с форсажной камерой – 139 дБ, ракетный двигатель – 142 дБ.

Из этих данных видно, что наименее шумным при равной мощности является поршневой двигатель. Воздушные винты при сверхзвуковых скоростях вращения являются мощными источниками шума. Особенно большие уровни создаются реактивными двигателями при наличии форсажной камеры, а также ракетными двигателями.

Если скорость самолета превосходит скорость звука, то в окружающей атмосфере образуются ударные волны, представляющие собой скачкообразные изменения давления и плотности. Чем быстрее летит самолет, тем больше интенсивность этих ударных волн. В тех точках поверхности самолета, в которых образуются ударные волны, происходят интенсивные пульсации давления, которые ощущаются экипажем в виде сильного шума.

Ударные волны, достигшие поверхности земли, ощущаются наземными наблюдателями в виде раската грома или выстрела. Если самолет летит низко, то в некоторых домах могут осыпаться штукатурка и вылететь оконные стекла. Всякое изменение скорости самолета, летящего со сверхзвуковой скоростью, вызывает появление ударных волн, которые отрываются от самолета и могут перемещаться на далекие расстояния.

В настоящее время многие организации за рубежом прилагают значительные усилия к устранению шума реактивного двигателя в самом источнике. Решение этой задачи позволило бы обойтись без громоздких глушителей при наземных испытаниях самолетов, снизить уровни шума вблизи аэродромов и уменьшить вес самолетов за счет снижения действующих на их конструкции акустических нагрузок. Основные изыскания ведутся в направлении создания всякого рода насадок на сопла реактивных двигателей, которые увеличивают периметр свободной струи и тем самым снижают интенсивность низкочастотных вихрей.

Борьба с шумом воздушных винтов является в настоящее время весьма актуальной, так как многие пассажирские и транспортные самолеты оборудуются турбовинтовыми двигателями, в шуме которых главную роль играет шум воздушного винта. Соответствующие исследования показали, что при одной и той же тяге меньше шумят винты с большим числом лопастей, с большим диаметром и меньшей окружной скоростью. Поэтому основным методом снижения шума и явилась разработка многолопастных винтов с широкими лопастями и малой окружной скоростью. К сожалению, осуществление этих мер встречает серьезные трудности конструкторского характера.

Другим способом борьбы с шумом многомоторных самолетов является так называемое синхронизирование их винтов, заключающееся в том, что все винты вращаются со строго определенным числом оборотов, причем лопасти различных винтов всегда повернуты друг к другу под одним и тем же углом.

Борьба с шумом пограничного слоя заключается в мерах по улучшению аэродинамического контура самолета, так как всякое снижение лобового сопротивления и связанной с этим затратой энергии приводят к уменьшению шума, возникающего за счет вихрей и ударных волн.

Шум летящего в воздухе самолета обычно бывает слышен на большом расстоянии. Зная акустические характеристики самолета – звуковую мощность и характеристики направленности его двигателей, а также высоту полета, можно на карте местности определить линии равных уровней силы шума, положение которых зависит также от трассы полетов. Рациональным выбором места расположения аэродрома, ориентации посадочных площадок, режима направления и высоты полетов можно существенно облегчить условия жизни населения в таких местах.

Лиц, подвергающихся воздействию авиационных шумов, можно разделить на следующие группы: пассажиры и экипаж самолета; работники аэродромов, занятые обслуживанием самолетов в непосредственной близости к ним; работники учреждений, мастерских и предприятий, расположенных вблизи аэродромов; население, проживающее вокруг аэродромов и экспериментальных установок, а также вблизи трасс полетов.

Воздействие шума на человека определяется уровнем шума в октавных полосах спектра и продолжительностью действия, играют роль также монотонность или прерывистость, условия работы, состояние организма и ряд других факторов.

Можно различать несколько ступеней воздействия авиационного шума на человека в зависимости от уровня и спектра.

Звук ощущается в виде щекотания в ушах и неприятного ощущения во всем теле (120–130 дБ). При более высоких уровнях (130–140 дБ) отмечается боль в ушах. Уровни порядка 150–160 дБ и более могут вызвать механическое повреждение органов слуха (граница точно не установлена).

Длительный шум вызывает необратимые изменения в органе слуха и оказывает неблагоприятное воздействие на центральную нервную систему, однако эти изменения наблюдаются не у всех лиц, подвергающихся воздействию интенсивного шума. Чем шире полоса сплошного шума, тем больший уровень может быть допущен без наступления стойкой потери слуха.

Шум уменьшает разборчивость речи. Звуки с частотой менее 300 Гц мало влияют на разборчивость речи, так как основная энергия спектра речи сосредоточена в области 350–5000 Гц. Поэтому с точки зрения разборчивости речи, например допустим шум с уровня до 100 дБ, у которого вся энергия сосредоточена в области частот менее 300 Гц; начиная с уровня 115 дБ, речь неразборчива независимо от ее напряжения вследствие перегрузки слухового аппарата. При наличии средств индивидуальной защиты возможно повышение этой величины.

Шум, обеспечивающий удовлетворительную разборчивость речи, может тем не менее оказывать вредное воздействие на нервную систему человека, мешая ему отдыхать или заниматься умственным трудом. «Психоакустическим» критерием в этом случае являются жалобы населения или отдельных лиц. Необходимо получить для этих условий новые надежные данные, для чего следует широко организовать измерения шума установок в различных условиях, провести статистическую обработку данных о жалобах населения в различных случаях, а также установить норму допустимых классов шумов в различных случаях.

Нормы допустимого шума должны давать характер спектра шума в месте нахождения человека, подвергающегося воздействию шума. Величины, характеризующие остаточный шум вблизи аэродинамической установки (звуковая мощность, направленность для различных частот, спектр звуковой мощности и т. п.), следует считать шумовой характеристикой данного сооружения или объекта. Нам представляется неправильным предлагать в качестве нормы допустимого шума величины его, например, вблизи выхлопного отверстия глушителя и т.п. Нормы должны устанавливаться исходя из величины допустимого шума в месте нахождения людей и условий распространения шума от установки к этому месту.

Список литературы

- 1 Авиационная акустика. В. 2 ч. / А. Г. Мухин [и др.]; под ред. А. Г. Мунина. – М. : Машиностроение, 1986. – Ч. 1. – 242 с. – 1996. – Ч. 2. – 258 с.
- 2 Аксёнов, И. А. Транспорт и охрана окружающей среды / И. А. Аксёнов, В. И. Аксёнов. – М. : Транспорт, 1987. – 176 с.