ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

САМОЛЕТЫ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗВУКОВОГО УДАРА НА МЕСТНОСТИ И МЕТОДЫ ЕГО ИЗМЕРЕНИЯ

ГОСТ 23552—79

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 534.6.08 : 629.7 : 006. 354 Группа Д10

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

САМОЛЕТЫ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Допустимые уровни интенсивности звукового удара на местности и методы его измерения

Civil aeroplanes. Acceptable levels of sound shock intensity on the ground and measuring methods

ГОСТ 23552—79

ОКП 75 2160

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 9 апреля 1979 г. № 1261 срок введения установлен

с 01.07.1980 г.

Настоящий стандарт устанавливает допустимые уровни интенсивности звукового удара на местности (в жилых застройках городов и в населенных пунктах по трассе полета) сверхзвуковых самолетов гражданской авиации и методы его измерения.

Допустимые уровни интенсивности звукового удара устанавливают для дневного времени суток.

Стандарт соответствует международному стандарту ИСО 2249—73 в части методов измерения и контроля характеристик звукового удара.

Термины и определения, применяемые в стандарте, приведены в справочном приложении 1.

1. ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗВУКОВОГО УДАРА НА МЕСТНОСТИ

1.1. Нормируемым параметром звукового удара является номинальная интенсивность или номинальная максимальная величина избыточного давления на местности.

1.2. Интенсивность звукового удара в населенной местности в номинальных условиях при сверхзвуковом крейсерском режиме полета не должна превышать 90 Па, на участке подъема самолета с разгоном — 110 Па. Допускается разброс характеристик звукового удара в реальной атмосфере ±20 Па с вероятностью 0,2.

Значения величин интенсивности звукового удара 90 и 110 Па и допускаемого отклонения 20 Па являются факультативными на срок до 01.07. 1982 г.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

©Издательство стандартов, 1979

2. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗВУКОВОГО УДАРА

2.1. Измерения физических параметров проводят с целью:

сертификации и паспортизации сверхзвуковых пассажирских самолетов по звуковому удару;

контроля характеристик звукового удара на трассе полета сверхзвукового самолета для установления соответствия интенсивности звукового удара в населенной местности требованиям п. 1.2.

2.2. Требования к методам и системам измерений

2.2.1. Определение характеристик сверхзвукового самолета по звуковому удару для некоторого заданного режима полета включает:

измерение номинальных характеристик звукового удара в контролируемых условиях;

приведение измеренных номинальных характеристик звукового удара к стандартным или заданным условиям.

Метод приведения к условиям стандартной атмосферы приведен в рекомендуемом приложении 2.

2.2.2. Измерение параметров звукового удара для заданного режима полета представляет собой совокупность одновременных измерений характеристик волны давления и параметров, определяющих условия возникновения и распространения звукового удара.

2.2.3. Измерения параметров звукового удара проводят в контролируемых условиях: при отсутствии значительной облачности (не более 2 баллов), слабом ветре (не более 7 м/с на высоте до 500 м), в условиях умеренной влажности (от 50 до 90%) и слабом развитии турбулентности атмосферы. В летне-осенний период такие условия наиболее вероятны в 5—9 ч или в 18—20 ч в ясную погоду.

2.2.4. Контроль степени остаточного влияния локальных неоднородностей атмосферы и подстилающей поверхности осуществляют измерением в ряде точек, разнесенных на расстояние, превышающее масштаб неоднородностей, влияющих на звуковой удар.

Для получения независимых результатов измерений и регистрации профиля волны давления, не искаженного влиянием локальных неоднородностей, расстояние между точками и их число определяют из условия заданной вероятности измерения неискаженного профиля волны давления.

2.2.5. Измерительный датчик (микрофон) устанавливают на ровной и открытой местности; вокруг точки измерений в пределах круга диаметром не менее 1,5 м поверхность должна быть жесткой; телесный угол, занимаемый препятствиями и преградами, не должен превышать 0,004 ср.

2.2.6. Измерительный канал аппаратуры: датчик (микрофон), согласующее устройство, регистратор должен удовлетворять следующим требованиям:

номинальные диапазоны измеряемых давлений: 1-й диапазон ±100 Па, 2-й диапазон ±200 Па, 3-й диапазон ±500 Па;

рабочий диапазон регистрируемых частот не менее 0,1—500 Гц (предпочтительно 0,01—10000 Гц);

отклонения амплитудно-частотной характеристики на краях диапазона рабочих частот не более ±2 дБ;

предельная относительная погрешность измерений от диапазона не более 3—5%.

2.2.7. Для получения правильных и достоверных результатов на месте установки датчиков (микрофонов) выполняют контрольные калибровки измерительных каналов аппаратуры. Для калибровок микрофона применяют пистонфон, обеспечивающий подачу звукового давления частотой 250 Гц с уровнем 124 дБ относительно $2 \cdot 10^{-5}$ Па. Для калибровки датчика по статическому давлению применяют микроманометр с погрешностью отсчета ±2 Па. Калибровки выполняют до и после каждого измерения.

2.2.8. Измерения параметров, характеризующих условия возникновения и распространения звукового удара, выполняют с помощью бортовых, внешнетраекторных и метеорологических измерений. Для обеспечения указанных измерений используют штатные технические измерительные средства.

2.2.9. С помощью бортовых измерений определяют: скорость и (или) число М и высоту полета, углы крена и тангажа, компоненты перегрузок вдоль трех осей, расход топлива.

2.2.10. Посредством внешнетраекторных измерений определяют: текущие координаты траектории полета, путевую скорость, углы наклона траектории и пути.

2.2.11. С помощью метеорологических измерений определяют распределение по высоте основных метеорологических элементов: давления и температуры, скорости и направления ветра, влажности.

Метеорологические измерения выполняют территориальными метеорологическими станциями и специальными пунктами, находящимися в непосредственной близости к району измерений. В момент регистрации звукового удара в наземном пункте измерений проводят наземные измерения указанных основных метеорологических элементов и наблюдения погодных явлений: характер облачности (в районе возникновения звукового удара), туман, видимость и т. д.

2.2.12. Погрешность измерения комплекса параметров, характеризующих возникновение и распространение звукового удара, определяют при условии, что суммарное влияние погрешности их

измерения на вариации избыточного давления должно быть не менее, чем в 3—5 раз меньше погрешности фактических измерений, а практически не должно быть более 2%.

2.2.13. Для согласования получаемых результатов по времени производят синхронизацию записей звукового удара с бортовыми и внешнетраекторными измерениями.

2.2.14. Для обеспечения измерения максимальных избыточных давлений на оси трассы производят наведение самолета на наземный пункт измерений.

2.2.15. Боковое затухание звукового удара для заданного режима полета контролируют рядом измерительных пунктов, располагаемых на линии, максимально соответствующей линии воздействия звукового удара, с интервалом 5—10 км в сторону от трассы полета до боковой границы зоны воздействия.

2.2.16. Для каждого измерительного пункта должны быть определены его географические и условные координаты в системе используемых внешнетраекторных измерительных средств.

2.2.17. Для своевременного приведения в готовность аппаратуры и подготовки передачи информации, связанной с проведением эксперимента, пункты измерений должны быть оборудованы средствами связи с аэродромом вылета и самолетом.

2.2.18. При разработке испытательного маршрута должны быть ограничены пролеты самолета над крупными населенными пунктами городского типа, в особенности не желательны разгоны и развороты самолетов в направлении этих пунктов.

2.2.19. Пролеты сверхзвукового самолета над измерительной базой выполняют на режимах, моделирующих различные участки типового профиля полета.

2.3. Требования к обработке результатов измерений

2.3.1. При обработке результатов измерений звукового удара, записанных на магнитную или фоточувствительную ленту, для каждого профиля волны давления определяют следующие основные амплитудно-временные характеристики:

профиль волны давления $\Delta P(t)$;

максимальное избыточное давление ΔP_{max}, Па;

максимальное разрежение ΔP_{min}, Па;

период волны T, с;

время нарастания давления τ_m, мс;

продолжительность положительной фазы τ_+, с;

положительный импульс I_{max}, Па·с;

характеристическое давление ΔP_c, Па.

Указанные характеристики оформляют в виде графика $\Delta P(t)$ в соответствующем масштабе и таблиц. Результаты обработки ка-

либровочной информации выписывают рядом с физическими параметрами.

2.3.2. Обработку результатов бортовых измерений проводят в соответствии с руководствами по летным испытаниям самолетов. Для каждого выполненного режима определяют изменение по времени следующих параметров:

скорости $V_{пр}$ и высоты H;

числа M;

веса самолета G;

компонентов перегрузки по трем осям n_x, n_y, n_z;

угла крена γ и тангажа ν.

Результаты обработки представляют в виде графиков и таблиц с результатами расшифровки осциллограмм. На графиках указывают и отмечают синхронизации.

2.3.3. Обработку результатов внешнетраекторных измерений проводят в соответствии с методикой, принятой для обработки таких измерений в практике летных испытаний самолетов. Для каждого выполненного режима определяют следующие параметры:

текущие координаты траектории полета $x\ (t)$, $H\ (t)$, $z\ (t)$;

путевую скорость $\vec{V}_п\ (t)$;

угол наклона траектории $\Theta\ (t)$;

угол пути ψ.

Результаты обработки представляют в виде графиков с приложением таблиц по результатам расчета указанных параметров. На графики наносят фактические трассы полета, положение измерительных пунктов, отмечают отметки синхронизации.

2.3.4. По результатам метеорологических измерений определяют изменение следующих метеорологических элементов по высоте:

давления P (Н) и температуры t (Н);

скорости $\vec{W}$ (Н) и направления φ (Н) ветра;

влажности B (Н);

наземные изменения P_0, t_0, $\vec{W}_0$, φ_0;

характер облачности: тип, балльность, границы;

погодные явления: туман, дымка, видимость и т. д.

Результаты метеорологических измерений представляют в виде копий с бланков, оформляемых метеостанциями.

2.3.5. По результатам обработки бортовых (п. 2.3.2), внешнетраекторных (п. 2.3.3), метеорологических измерений (п. 2.3.4) определяют следующие кинематические характеристики распространения звукового удара для каждого измерительного пункта:

линию воздействия звукового удара;

время распространения звукового удара;

траекторию звукового луча;

угол наклона звукового луча;

боковые грани зоны воздействия.

Результаты расчета представляют в виде графика с обозначением указанных параметров. На графике в виде таблицы выписывают весь комплекс параметров, характеризующих условия возникновения звукового удара.

2.3.6. При сертификации и паспортизации сверхзвуковых гражданских самолетов по звуковому удару результаты измерения номинальных характеристик звукового удара должны быть приведены к условиям стандартной атмосферы в соответствии с рекомендуемым приложением 2.

2.4. Требования к методам и системе контроля

2.4.1. Контрольные измерения характеристик звукового удара проводят в точках вдоль трассы полета сверхзвукового самолета, где предполагаются наиболее сильные воздействия звуковых ударов.

2.4.2. При проведении контрольных измерений регистрируют профиль волны давления в точках измерения.

2.4.3. Датчики давления, регистрирующие профиль волны давления, должны устанавливать в местах, исключающих какое-либо влияние окружающих предметов на его показания и на характеристики падающей волны в соответствии с требованиями пп. 2.2.4 и 2.2.5.

2.4.4. Измерения характеристик звукового удара для оценки его воздействия на население и сооружения должны выполняться с помощью датчиков давления, размещенных вблизи объектов в характерном для этого объекта акустическом окружении, включая отражающие и поглощающие звуковой удар поверхности и препятствия.

2.4.5. Характеристики измерительных систем, используемых для контроля характеристик звукового удара вдоль трассы полета сверхзвуковых гражданских самолетов, должны соответствовать требованиям пп. 2.2.6—2.2.11.

2.4.6. При применении нестандартизованных средств измерения проводят метрологическую аттестацию используемых средств.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТАНДАРТЕ

Термин	Буквенное обозначение	Определение
1. Звуковой удар		Акустическое явление, возникающее в результате распространения в атмосфере Земли системы волн давления, создаваемых самолетом при полете со скоростью, превышающей местную скорость звука. Примечание. Звуковой удар воспринимается наблюдателями в зависимости от характеристик звукового удара и от характера окружающей местности как один или несколько ударов грома (взрыва, пушечного выстрела и т. п.) на близком расстоянии или на удалении. Характеристики звукового удара зависят от геометрии самолета, массы и режима его полета и состояния атмосферы. Характерными особенностями звукового удара от сверхзвуковых пассажирских самолетов 1-го поколения (Ту-144 и «Конкорд») являются время нарастания давления на переднем фронте волны давления до 10 мс, длительность волны около 0,2—0,3 с и наличие максимума плотности акустической энергии в диапазоне частот ниже 50 Гц
2. Избыточное давление	$\Delta P_{изб}$	Разность между мгновенным значением давления в данной точке пространства и атмосферным давлением
3. Волна давления звукового удара		Изменение избыточного давления во времени и пространстве
4. Падающая волна		Волна давления, приходящая в точку пространства, не подвергаясь влиянию отражения от земли и препятствий
5. Отраженная волна		Волна давления, приходящая в точку пространства после отражения от земли и препятствий
6. Фронт волны		Область резкого изменения избыточного давления
7. Передний фронт волны давления		Передняя область резкого изменения избыточного давления

Термин	Буквенное обозначение	Определение
8. Задний фронт волны давления		Замыкающая область резкого изменения избыточного давления, в которой давление восстанавливается до атмосферного
9. Профиль волны давления	$\Delta P(t)$	График изменения давления во времени в данной точке пространства
10. N-волна давления		Волна давления, профиль которой близок по форме к латинской букве N, характеризующаяся мгновенным возрастанием давления на величину ΔP, с последующим уменьшением на величину $2\Delta P$ по линейному закону и вторичным мгновенным возрастанием давления до атмосферного
11. Максимальное давление	ΔP_{max}	—
12. Максимальное разрежение	ΔP_{min}	—
13. Скачок давления	ΔP	Резкое возрастание давления на фронте волны давления
14. Период волны давления	T	Интервал времени между начальными моментами изменения давления переднего и заднего фронтов волны давления
15. Время нарастания давления	τ_m	Интервал времени между начальным моментом изменения давления переднего фронта волны давления и моментом достижения максимального давления
16. Время положительной фазы волны давления	τ_+	Интервал времени между начальным моментом изменения давления переднего фронта волны давления и ближайшим моментом восстановления давления до атмосферного
17. Положительный импульс волны давления	I_{max}	Интеграл от избыточного давления по времени для положительной фазы $I_{max} \int_0^{\tau_+} P(t)dt$
18. Характеристическое избыточное давление	ΔP_c	Значение условного избыточного давления, определяемое выражением $\Delta P_c = 4\ I_{max}/T$
19. Звуковой (характеристический) луч		Траектория распространения в атмосфере элемента поверхности фронта волны давления, имеющего начало на траектории полета самолета

Термин	Буквенное обозначение	Определение
20. Поверхность (кононд) звуковых лучей		Множество звуковых лучей для фиксированной точки траектории полета самолета
21. Линия воздействия (слышимости) звукового удара		Линия пересечения поверхности звуковых лучей с землей
22. Время распространения звукового удара	τ	Время распространения волны давления вдоль звукового луча
23. Зона воздействия (слышимости звукового удара)		Зона на поверхности земли, в пределах которой звуковой удар воспринимается при полете самолета. Примечание. Зона воздействия является совокупностью линий воздействия на поверхности земли при движении самолета со сверхзвуковой скоростью
24. Боковая граница зоны воздействия (слышимости)		Линия, за которой звуковой удар не воспринимается
25. Линия фронта волны давления (линия одновременной слышимости звукового удара)		Линия пересечения фронта волны давления с поверхностью земли
26. Предельное число M	M_c	Максимальное число M сверхзвукового полета самолета, при котором звуковой удар еще не достигает поверхности земли. Примечание. Число M — отношение полета самолета относительно частиц воздуха к местной скорости звука. При числе M полета больше M_c на поверхности земли возникает зона воздействия (слышимости) звукового удара
27. Фокусирование звукового удара		Явление локального повышения избыточного давления, обусловленное наложением и (или) взаимодействием волн давления при разгоне и развороте самолета
28. Зона фокусирования звукового удара		Зона на поверхности земли, где наблюдается повышение избыточного давления, обусловленное фокусированием
29. Номинальные наземные условия измерения характеристик звукового удара		Условия на поверхности земли, при которых влияние рельефа местности и окружающих предметов на отраженную волну давления пренебрежимо мало

Термин	Буквенное обозначение	Определение
30. Номинальные метеорологические условия измерения характеристик звукового удара		Условия в атмосфере, при которых ее влияние на характеристики звукового удара определяется распределением по высоте только средних значений давления, температуры, скорости и направления ветра, а влияние облачности и локальных атмосферных неоднородностей на звуковой удар пренебрежимо мало
31 Номинальный звуковой удар		Звуковой удар в номинальных метеорологических и наземных условиях
32. Момент воздействия звукового удара		Местное время регистрации звукового удара на слух или приборами в данной точке пространства, выраженное в часах и минутах с указанием календарной даты
33 Интенсивность звукового удара		Максимальное избыточное давление на фронте волны давления
34. Приведенный звуковой удар	$\Delta P_{пр}$	Номинальный звуковой удар, приведенный к заданным или стандартным условиям

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

МЕТОД ПРИВЕДЕНИЯ К УСЛОВИЯМ СТАНДАРТНОЙ АТМОСФЕРЫ

Приведение к условиям стандартной атмосферы осуществляется для скачка давления на переднем фронте волны давления ΔP и импульса положительной фазы I_{max}. Для приведения используются следующие формулы:

$$(\Delta P)_{ст} = (\Delta P)_э \cdot \frac{(K_{отр})_{ст} \cdot \widetilde{P}_{ст}}{(K_{отр})_э \cdot \widetilde{P}_э} \cdot \sqrt{\frac{K_в\,(\overline{\Phi}_m)_{ст}}{K_{ст}(\overline{\Phi}_m)_э}};$$

$$(I_{max})_{ст} = (I_{max})_э \frac{(K_{отр})_{ст}\,\widetilde{P}_{ст}\,\widetilde{t}_{ст}\,(\overline{\Phi}_{max})_{ст}}{(K_{отр})_э\,\widetilde{P}_э\,\widetilde{t}_э\,(\Phi_{max})_э},$$

Здесь параметры, соответствующие стандартным условиям, отмечены индексом (ст), а полученные при фактических условиях эксперимента — индексом (э); при этом использованы обозначения:

$K_{отр}$ — коэффициент отражения;

P — характерный масштаб по давлению;

$\tilde{t}$ — характерный масштаб по времени;

K — коэффициент, характеризующий степень развития нелинейных коэффициентов;

$\overline{\Phi}_m$ — значение безразмерной интегральной функции Уитхема, соответствующее максимальному избыточному давлению P_{max};

$\overline{\Phi}_{max}$ — значение безразмерной интегральной функции Уитхема, соответствующее импульсу положительной фазы.

Редактор *И. В Виноградская*
Технический редактор *О. Н. Никитина*
Корректор *И. Л. Асауленко*

gost.e-ecolog.ru

Сдано в наб. 26.04.79 Подп. в печ. 28.06.79 0,75 п. л. 0,95 уч.-изд. л. Тир. 8000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, Москва, Д-557, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник», Москва, Лялин пер., 6. Зак. 602