МИНИСТЕРСТВО ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
Государственный проектно-изыскательский
и научно-исследовательский институт
А э р о п р о е к т

ПОСОБИЕ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АЭРОПОРТОВ ГА
(к ВНТП 1-85)
МГА

Часть IX. Защита от авиационного шума и акустическое благоустройство зданий аэропортов гражданской авиации

Москва 1988

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт гражданской авиации

Аэропроект

П О С О Б И Е

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АЭРОПОРТОВ ГА

(к ВНТП I-85 / МГА)

Часть IX. Защита от авиационного шума и акустическое благоустройство зданий аэропортов гражданской авиации

Москва 1986

УДК 628.517.2:7225.39

Настоящее Пособие разработано в развитие ВНТП I-85 сотрудниками Научно-исследовательского института строительной физики Госстроя СССР (НИИСФ) при участии специалистов Московского научно-исследовательского института им. Ф.Ф.Эрисмана (МНИИГ) и Всесоюзного научно-исследовательского кинофотоинститута (НИКФИ).

Разделы I, 2, 3, 5, приложения I-5 и II разработали А.А. Климухин, М.Н. Ижевская и В.П. Черепанов (НИИСФ); раздел 4 - А.П. Путилина, И.Л. Карагодина и Л.А. Кабалова (МНИИГ им. Ф.Ф. Эрисмана); разделы 6, 7 и приложения 6-IO - Э.Л. Виноградова, Н.В. Ашихмина и В.В. Борщеговский (НИКФИ).

Ответственный исполнитель М.И. Зинман (ГПИ и НИИ ГА Аэропроект).

Пособие утверждено начальником ГПИ и НИИ ГА Аэропроект В.Н. Ивановым I8 декабря I987 г.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Пособие разработано в развитие ВНТП I-85, в нем предложен комплекс мероприятий по защите от шума и акустическому благоустройству зданий аэропортов гражданской авиации: аэровокзалов, командно-диспетчерских пунктов (КДП), служебно-административных зданий, гостиниц, зданий авиационно-технической базы (АТБ).

В Пособии содержатся рекомендации по размещению зданий на территории аэропорта на стадии разработки генерального плана аэропорта, по планировочным решениям, в нем представлены нормы допустимого шума, проникающего в помещения различного назначения, требования к звукоизоляции ограждающих конструкций, метод расчета ожидаемого шума, рекомендации по акустической обработке помещений и проектированию систем оповещения и передачи информации.

2. ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ АВИАЦИОННОГО ШУМА И АКУСТИЧЕСКОМУ БЛАГОУСТРОЙСТВУ И ПОРЯДОК ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.I. Защита от шума помещений зданий аэропортов и их акустическое благоустройство достигается надлежащим размещением зданий на территории аэропорта с учетом необходимого удаления от источников шума, рациональной внутренней планировкой здания, устройством наружных и внутренних ограждающих конструкций, обладающих требуемой звукоизоляцией, применением звукопоглощающих облицовок, устройством систем оповещения и передачи информации.

2.2. Мероприятия по защите от шума и акустическому благоустройству следует проектировать в следующей последовательности:

уточняется место расположения здания на генеральном плане аэропорта с учетом допустимых расстояний от основных источников шума: взлетно-посадочных полос (ВПП), мест стоянок самолетов на перроне (с которых осуществляется руление на собственных двигателях), мест стоянок, на которых производится опробование двигателей самолетов (МС);

при решении вопросов внутренней планировки зданий учитываются основные принципы, изложенные в разделе 3;

рассчитываются ожидаемые уровни авиационного шума в дБА у фасада здания, обращенного в сторону источника шума;

выбираются конструкции наружных ограждений, обеспечивающие необходимую звукоизоляцию помещений здания;

выявляются помещения, подлежащие акустической обработке, производится выбор звукопоглощающих облицовок и расчет времени реверберации в помещениях в соответствии с рекомендациями, приведенными в разделе 6;

производится расчет ожидаемых уровней шума, проникающего в помещения при различных операциях самолетов. Если проникающий шум превышает допустимые уровни, необходимо пересмотреть выбор конструкции наружного ограждения или изменить расположение здания относительно источника шума. Если рассчитанные уровни проникающего шума существенно ниже допустимых, можно заменить наружное ограждение на имеющее меньшую звукоизоляцию;

производится выбор и расчет систем оповещения и передачи информации в соответствии с требованиями, приведенными в разделе 7.

3. РАЗМЕЩЕНИЕ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АЭРОПОРТА. ВНУТРЕННЯЯ ПЛАНИРОВКА ЗДАНИЙ

3.1. Компоновка генерального плана аэропорта определяется в первую очередь технологическими соображениями, однако, при размещении зданий на территории аэропорта необходимо по возможности учитывать и воздействие шума при взле-

те самолетов, при рулении и опробовании двигателей, а также нормативные требования к уровням проникающего в них шума.

К зданиям, требующим повышенной защиты от шума, относятся все здания управления воздушным движением, гостиница, медсапчасть, профилакторий, аэровокзал, административные здания. Расположение некоторых зданий этой категории определяется технологией работы аэропорта, при этом возможность удаления их от источников очень ограничена. Так, стартовые диспетчерские пункты располагаются на фиксированном расстоянии от ВПП. Аэровокзал и диспетчерские руления привязаны к перрону. Для этих зданий основным мероприятием по защите от шума является выбор конструкции наружного ограждения с достаточной звукоизоляцией и, в отдельных случаях, рациональная внутренняя планировка зданий.

Для зданий, не привязанных технологией к источникам шума, следует максимально использовать возможность обеспечения защиты от шума за счет достаточного удаления от основных источников авиационного шума.

3.2. При выборе планировочного решения перрона следует учитывать воздействие шума при запуске двигателей и рулении самолетов. При размещении мест стоянок (МС) на перроне в непосредственной близости от аэровокзала или посадочной галереи следует применять буксировку самолетов. Особенно это относится к наиболее шумным самолетам - Ил-86, Ту-154 и Ил-62. Запуск двигателей может осуществляться на расстоянии не менее 100-150 м от аэровокзала для самолетов Ту-134, Ту-154, Ил-62 и 300 м для самолета Ил-86.

3.3. Производственные здания АТБ, ангары, здания ремонтных служб и грузового комплекса могут быть использованы в качестве экранов при опробовании двигателей самолетов для защиты от шума территории аэропорта и зданий, расположенных за ними.

Для увеличения экранирующего эффекта целесообразно по возможности блокировать несколько зданий, увеличивая тем самым длину экрана. Дополнительное снижение шума в расчетной точке за счет экранирования определяется по методике, приведенной в приложении I.

Помещения зданий-экранов должны защищаться от внешнего шума путем применения наружных ограждающих конструкций, обеспечивающих снижение шума до нормативных уровней.

3.4. Следует учитывать направленность излучения шума при опробовании двигателей. Самолеты с реактивными двигателями надо по возможности располагать на МС носом к зданиям, требующим повышенной защиты от шума, а самолеты с винтовыми двигателями - хвостом.

В отношении шума при взлете самолетов наиболее выгодным является расположение здания против середины ВПП. На том же расстоянии от оси ВПП у места старта уровни шума большинства самолетов несколько выше.

3.5. При решении вопроса внутренней планировки здания необходимо выделить помещения, требующие повышенной защиты от шума. В аэровокзале к ним относятся дикторская, комната матери и ребенка, помещения для транзитных пассажиров; в КДП и зданиях служб - диспетчерские всех служб, помещения для отдыха летного состава, инструктажа и обучения, кабинеты.

Эти помещения следует ориентировать на фасад, противоположный источнику шума (кроме диспетчерских, в которых необходим визуальный обзор перрона и летного поля).

Посадочные галереи, помещения распределения и предполетного досмотра целесообразно использовать для дополнительной защиты основных пассажирских помещений аэровокзала от авиационного шума в качестве экрана, располагая галереи отдельно, параллельно фасаду аэровокзала или "буферной зоне"; занимающей обращенный в сторону перрона фасад.

В зданиях служб аэропорта помещения с источниками интенсивного шума (линейные аппаратные залы, телетайпные, шумные помещения ЭВТОС, венткамеры и т.д.) по возможности следует удалять от помещений, требующих повышенной защиты от шума.

Если необходимо расположить рядом помещения с источниками шума и помещения с повышенными требованиями к шумовому режиму, следует предусмотреть, чтобы разделяющее их ограждение обладало звукоизолирующей способностью, обеспечивающей снижение шума до нормативных уровней.

4. НОРМЫ ДОПУСТИМОГО ШУМА

4.I. Настоящие нормы устанавливают предельно допустимые уровни шума в помещениях зданий различного назначения, входящих в состав аэропорта. Нормы служат для расчетов и выбора мероприятий по обеспечению защиты от авиационного шума, а также от шума технологического и инженерного оборудования.

Нормы разработаны с учетом "Санитарных норм допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки" № 3077-84, "Санитарных норм допустимых уровней шума на рабочих местах" № 3223-85 и ОСТ 54.7I.00I-78 ССБТ "Шум. Общие требования безопасности труда в эксплуатационных предприятиях гражданской авиации".

4.2. Нормируемыми параметрами шума являются уровни звукового давления в октавных полосах частот 63, I25, 250, 500, I000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Для ориентировочной оценки шума допускается применять уровень звука в дБА.

4.3. Допустимые уровни шума, проникающего извне в помещения зданий или производимого непосредственно в этих помещениях технологическим и инженерным оборудованием, приведены в табл. I.

В помещениях, указанных в п. I табл. I, в которых необходимо обеспечить условия устойчивой радиосвязи и связи по телефону, и в основных пассажирских помещениях (п. 4 табл. I), в которых необходимо обеспечить хорошую разборчивость информации, передаваемой через системы оповещения, допустимые уровни шума должны обеспечиваться для 95% времени наиболее шумного часового периода. В течение 5% времени указанного периода допускается превышение приведенных величин, но не более, чем на 5 дБ.

В остальных помещениях нормы допустимых уровней шума установлены с учетом обеспечения комфортных условий для пассажиров и персонала. Приведенные в табл. I величины относятся к эквивалентным значениям уровней за наиболее шумный часовой период, максимальные значения уровней могут превышать приведенные величины, но не более, чем на I5 дБ.

4.4. В помещениях служб аэропорта (кроме указанных в п. I табл. I), в гостиницах, профилакториях допускается проектирование и расчет мероприятий по защите от шума проводить только из условий обеспечения нормативных требований по уровням звука в дБА.

4.5. Уровни шума, создаваемого в помещениях системами вентиляции и кондиционирования воздуха, должны быть на 5 дБ ниже указанных в табл. I.

Таблица I

Назначение помещений	Уровни звукового давления в октавных полосах частот, дБ								Уровень звука L_A, дБА
	63	I25	250	500	I000	2000	4000	8000	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
I. Помещения, предназначенные для управления воздушным движением (залы РЦ ЕС УВД, диспетчерские подходов, круга, посадки, руления, АДП, дикторские)	7I	6I	54	49	45	42	40	38	50
2. Комнаты отдыха летного состава, помещения для приема больных в медсанчасти (здравпункты), комнаты матери и ребенка в здании аэровокзала	7I	6I	54	49	45	42	40	38	50

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
3. Стартовые диспетчерские пункты, диспетчерские ПДО АТБ, грузового комплекса, службы спецтранспорта, ГСМ. Помещения служб аэропорта, не имеющие собственных источников шума. Помещения для транзитных пассажиров в аэровокзале	75	66	59	54	50	47	45	43	55
4. Основные пассажирские помещения (операционные и кассовые залы, залы ожидания, рестораны)	79	70	63	58	55	52	50	48	60
5. Помещения служб аэропорта, имеющие собственные источники шума (телетайпные, линейные аппаратные залы и т.п.). Посадочные галереи и павильоны, помещения предполетного досмотра	9I	83	77	73	70	67	66	64	75
6. Постоянные рабочие места в шумных производственных помещениях и на территории (АТБ, перрон)	99	92	86	83	80	77	76	74	85

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
7. Номера гостиниц, комнаты в профилакториях:									
днем (7^{00}–23^{00})	67	57	49	44	40	37	35	33	45
ночью (23^{00}–7^{00})	59	48	40	34	30	27	25	23	35

Примечание. Приведенные в таблице допустимые уровни шума не относятся к информации, передаваемой через системы оповещения.

5. РАСЧЕТ ОЖИДАЕМЫХ УРОВНЕЙ И СПЕКТРОВ АВИАЦИОННОГО ШУМА НА ТЕРРИТОРИИ. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ НАРУЖНОГО ОГРАЖДЕНИЯ ЗДАНИЯ

5.I. Уровни звука в расчетной точке L_A в дБА, создаваемые при взлете самолетов, определяются по рис. I в зависимости от расстояния между расчетной точкой и осью ВПП с учетом поправок Δ_1 по табл. 2 для наиболее шумного из эксплуатируемых типов самолетов, $L_A = L'_A + \Delta_1$.

Таблица 2

Тип самолета	Поправка Δ_1, дБА	
	Против места старта	Против середины ВПП
Ил-86, Ан-22, Ту-I34	+5	+3
Ил-62, Ил-76, Ту-I54	0	-2
Як-42	-5	-6
Ил-I8, Ан-I0, Як-40	-I0	-I0
Ан-24, Ан-26	-I5	-I5

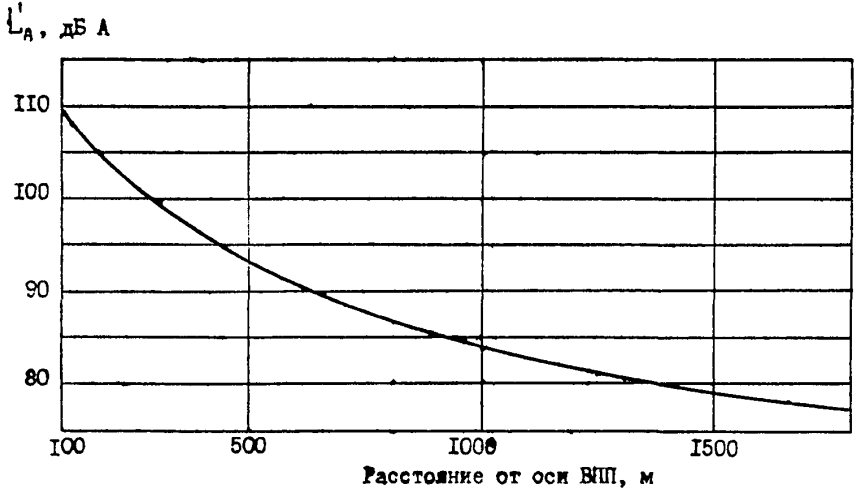


Рис. I. Максимальные уровни звука на территории при взлете самолетов

Спектр шума в расчетной точке при взлете наиболее шумного типа самолета принимается по табл. I приложения 2. В таблице приведены спектры шума на удалении 100, 200, 400, 800 и 1600 м от оси ВПП в виде уровней звукового давления в октавных полосах частот 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Для промежуточных расстояний значения уровней принимаются по интерполяции.

5.2. Уровни звука в расчетной точке L_A в дБА, создаваемые при опробовании двигателей самолетов, определяются по рис. 2–5 в зависимости от расстояния до места опробования и ориентации самолета относительно расчетной точки. На рисунках приведены кривые равных уровней звука, создаваемого на местности при опробовании двигателей на взлетном режиме, кривые нанесены с интервалом 5 дБА, в промежуточных точках уровни определяются по интерполяции. За исходный уровень звука в расчетной точке для выбора конструкции наружного ограждения здания принимается наибольший из уровней, определенных для всех мест опробования с учетом Δ_2.

Расчетный спектр шума при опробовании двигателей определяется, исходя из рассчитанного максимального уровня звука и спектров шума при опробовании двигателей соответствующего самолета, приведенных в табл. 2 приложения 2. В таблице приведены спектры шума на расстоянии 100, 200, 400, 800 и 1600 м от места опробования по трем направлениям – 0^0, 90^0 и 130^0 от носа самолетов. Там же указаны и уровни звука в дБА, соответствующие данным спектрам.

Для определения расчетного спектра шума при углах, отличающихся от трех указанных, необходимо выбрать по табл. 2 приложения 2 спектр шума на расстоянии, близком к заданному. При ориентации расчетной точки 0^0 – 45^0 от носа самолета принимать спектр шума для 0^0, при углах 50^0 – 110^0 принимать спектр для 90^0, при углах 120^0 – 180^0 принимать спектр для 130^0, и затем скорректировать выбранный спектр, приведя его в соответствие с рассчитанным уровнем звука в данной точке. Например, если уровень звука, соответствующий выбранному спектру в табл. 2 приложения 2 меньше рассчитанного, ко всем октавным уровням звукового давления необходимо прибавить величину, соответствующую разности указанных уровней звука.

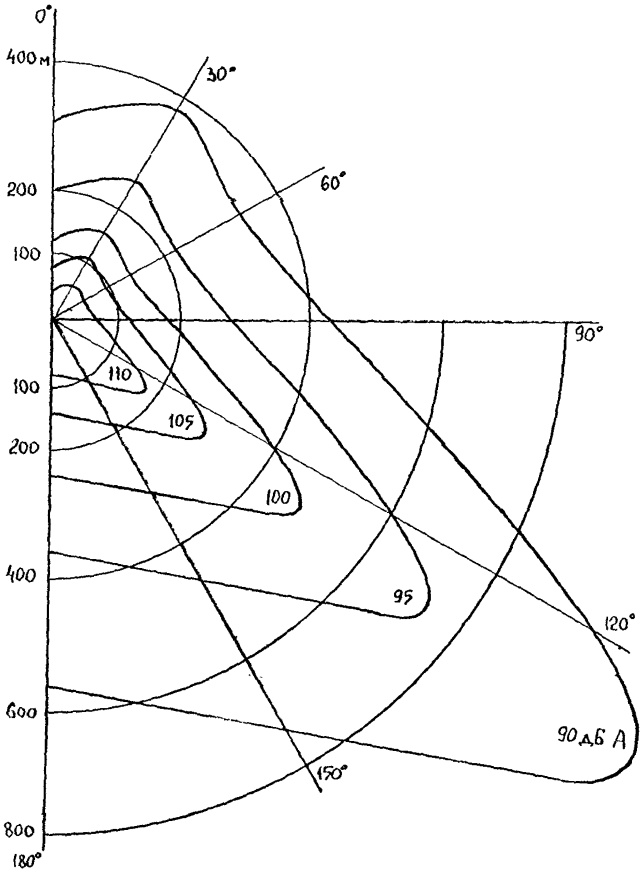


Рис. 2. Кривые равных уровней шума на территории при опробовании двигателей самолета Ил-86 (режим взлетный)

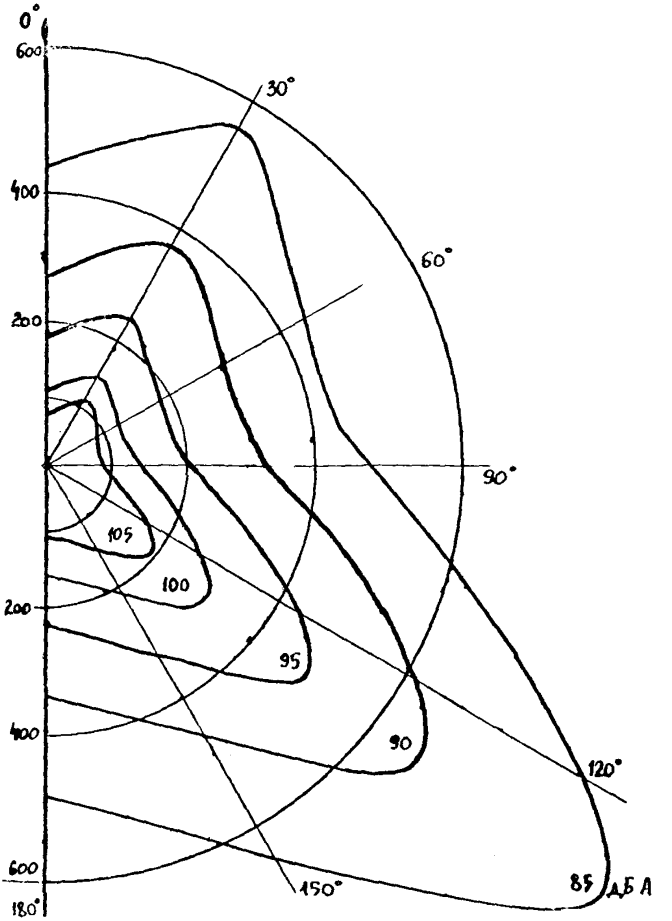


Рис. 3. Кривые равных уровней шума на территории при опробовании двигателей реактивных самолетов (режим взлетный) Як-40 (Δ_2 =-10 дБА), Ту-134 (Δ_2 =+5), Ил-62, Ил-76, Ту-154 (Δ_2 = 0)

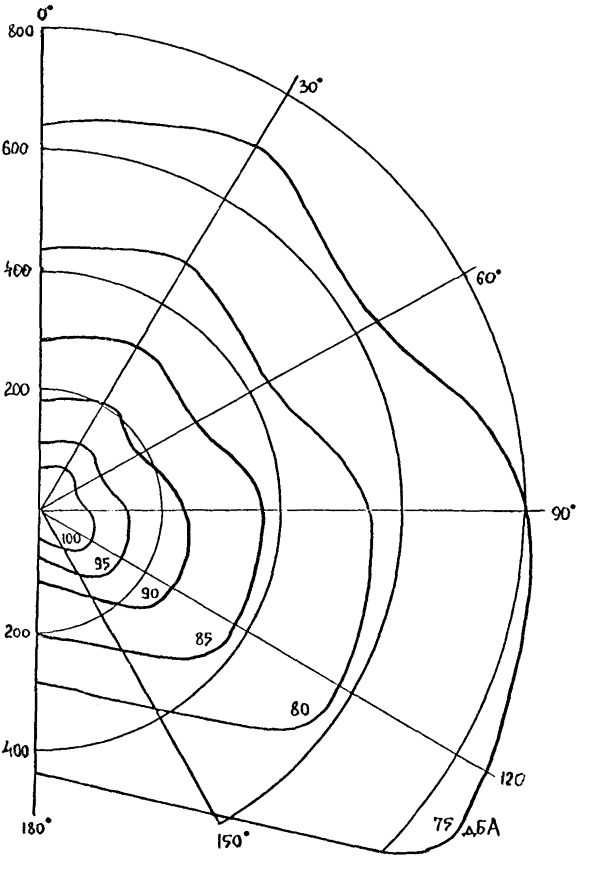


Рис. 4. Кривые равных уровней шума на территории при опробовании двигателей самолета Як-42 (режим взлетный)

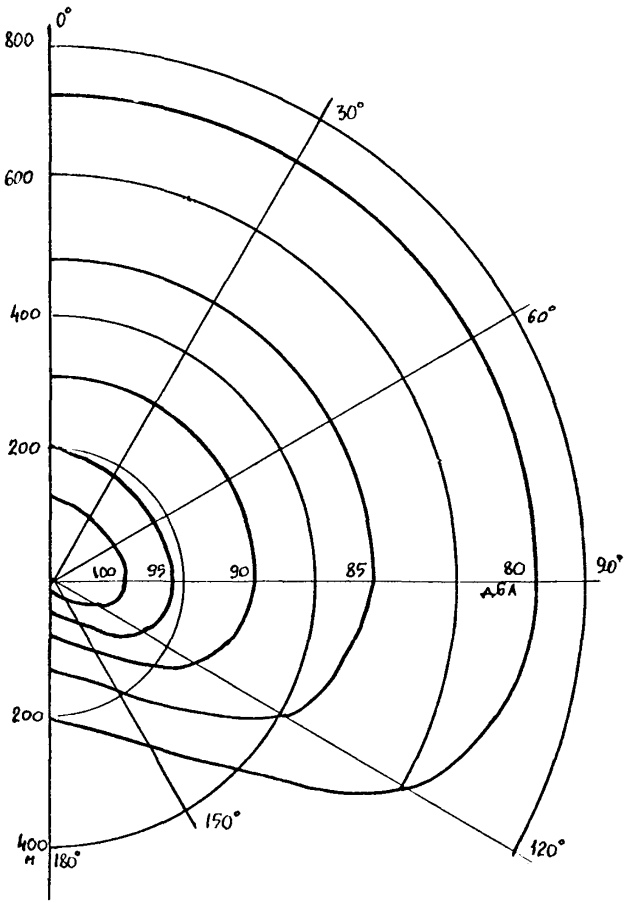


Рис. 5. Кривые равных уровней шума на территории при опробовании двигателей винтовых самолетов Ил-18, Ан-10, Δ_2=0, Ан-24, Ан-26 Δ_2=-5(режим взлетный)

5.3. Уровни звука L_A в дБА в расчетной точке у наружного ограждения аэровокзала, посадочной галереи, создаваемые при запуске и прогреве двигателей, рулении самолетов на перроне, принимаются по табл. 3 в зависимости от расстояния от ближайших мест стоянок (МС), с которых самолеты двигаются на собственных двигателях. Для промежуточных расстояний уровни звука принимаются по интерполяции.

Расчетные спектры шума принимаются по табл. 3 приложения 2.

Таблица 3

Расстояние от самолета, м	Максимальные уровни шума, создаваемые в момент начала движения самолета по земле (дБА) для самолетов типа					
	Ил-86	Ил-62, Ту-154, Ту-134, Ил-76	Як-42	Як-40	Ан-10, Ил-18	Ан-24
50	111	107	95	88	102	97
100	104	100	88	81	95	90
200	97	93	80	73	88	83
400	89	85	72	65	80	75
800	82	76	64	57	72	67

5.4. При одновременном воздействии нескольких источников шума суммарный уровень звука в дБА и суммарный уровень звукового давления в октавной полосе частот определяется путем последовательного энергетического сложения уровней от источников, начиная с наименьших уровней. При энергетическом сложении двух уровней к большему из них прибавляется поправка в зависимости от разности этих уровней:

Разность уровней, дБА	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поправка, дБ	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Если разница между уровнями больше 10 дБ, меньший из них не учитывается.

Приведенные в табл. 3 уровни шума при начале движения самолетов на перроне, а также расчетные спектры в табл. 3 приложения 2 соответствуют шуму при режиме работы двигателей 70% номинального, дальнейшее движение самолетов производится при меньшем режиме. Уровни шума при рулении на 8–11 дБ ниже расчетных, поэтому они будут маскироваться шумом при начале движения самолетов с ближайших МС. В связи с этим выбор конструкции наружного ограждения аэровокзала или посадочной галереи можно производить только при учете шума в начале движения самолетов с ближайших МС на перроне.

Расчетные уровни и спектры шума при опробовании двигателей самолетов даны на рис. 2–5 и в приложении 2 для максимального режима работы двигателей. При номинальном режиме уровни шума на 3–4 дБ ниже. Таким образом, если имеется вероятность одновременного опробования двигателей на двух близко расположенных МС, расчетные уровни звука в дБА и расчетные уровни звукового давления в октавных полосах частот следует увеличивать на 2 дБ.

Предполагается, что наихудшее возможное сочетание – одновременная работа двигателей на максимальном и номинальном режимах.

Если одновременное опробование двигателей предполагается только на МС, расположенных на большем удалении друг от друга (более 200 м) или самолеты на МС различным образом ориентированы относительно расчетной точки, следует определять уровни шума отдельно для каждого самолета и затем их энергетически суммировать.

5.5. Выбор конструкции наружного ограждения здания производится, исходя из расчетных уровней звука L_A в дБА у фасада здания при различных операциях самолетов и допустимого уровня звука в помещении $L_A^{доп}$.

Требуемая звукоизоляция R_A в дБА определяется по формуле

$$R_A = L_A - L_A^{доп} + 10 \lg \frac{S_o}{A}, \qquad (1)$$

где S_o – площадь наружного ограждения, $м^2$;

A – эквивалентная поверхность поглощения в помещении (средняя в диапазоне 125–500 Гц), $м^2$.

Если наружное ограждение представляет собой стену с окном, в расчет принимается только площадь окна.

Для помещений небольшого объема (кабинеты, рабочие комнаты администрации, номера гостиниц и т.п.), у которых окно составляет не более 35% площади наружной стены $R_A = L_A - L_A^{доп} - 5$ дБА. Величины звукоизоляции R_A для ряда конструкций приведены в табл. 4-5.

5.6. В помещениях КДП и аэровокзалов необходимо провести проверочный расчет уровней проникающего шума в октавных полосах частот и сопоставить их с допустимыми (см.раздел 4).

Расчет ожидаемых уровней шума в помещении производится по формуле

$$L_{вн} = L_{нар} - R + 10 lg \frac{S_o (1 - \alpha_{ср})}{A}, \qquad (2)$$

где $L_{вн}$ – уровень звукового давления в помещении в октавной полосе частот, дБ;

$L_{нар}$ – уровень звукового давления в октавной полосе частот на расстоянии 2 м от наружного ограждения, дБ;

R – изоляция воздушного шума конструкций наружного ограждения в соответствующей октавной полосе частот, дБ;

S_o – общая площадь остекления в помещении или площадь наружного ограждения, через которое проникает шум, $м^2$;

A – эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении в октавной полосе частот, $м^2$.

Величина A определяется по формуле

$$A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cdot S_i + \sum_{j=1}^{K} A_j \cdot N_j, \qquad (3)$$

где α_i – коэффициент звукопоглощения i-й поверхности в октавной полосе частот;

S_i – площадь i -й поверхности, м^2;

A_j – эквивалентная площадь звукопоглощения в октавной полосе частот штучного поглотителя, м^2;

N_j – количество штучных поглотителей, шт.;

$\alpha_{ср}$ – средний коэффициент звукопоглощения в помещении в октавной полосе частот.

$$\alpha_{ср} = \frac{A}{S} \qquad (4)$$

где S – общая площадь всех ограждающих поверхностей помещения, м^2.

Величины изоляции воздушного шума в октавных полосах частот для ряда конструкций приведены в приложении 3. Характеристики звукопоглощения обычных строительных конструкций и специальных звукопоглощающих материалов и конструкций приведены в приложении 4. Примеры расчета ожидаемого уровня шума приведены в приложении 5.

Таблица 4

Конструкция	Толщина стекол, мм	Толщина воздушного промежутка, мм	Количество уплотняющих прокладок в притворе	R_w, дБ x)	R_A, дБА
I	2	3	4	5	6
Металлические витражи с глухим остеклением					
Одинарный витраж со стеклопакетом	4+4	I8	–	34	25
	8+8	25	–	38	30
	4+4	30	–	36	26
Двойной витраж	4+4	I00	–	4I	30
	4+4	200	–	43	32
	8+8	I00	–	44	34
	8+8	200	–	47	37
	8+8	300	–	48	39

I	2	3	4	5	6
	8+8	400	–	49	40
	8+8	650	–	50	43
Двойной витраж со стеклопакетом и стеклом	8+8+8	200+20	–	49	40
Окна деревянные					
Одинарное окно со стеклопакетом (ГОСТ 24700-01)	3+3	I5	I	27	22
То же	4+4	I8	2	32	24
Спаренное окно (ГОСТ II2I4-86)	3+3	56	I	30	23
То же	4+4	56	2	32	26
Раздельное окно (ГОСТ II2I4-86)	3+3	90	I	33	25
То же	3+3	90	2	37	27
– " –	4+4	90	2	38	29
– " –	3+6	90	2	40	30
Раздельное окно со стеклопакетом и стеклом (ГОСТ 24699-81)	3+3+3	I6+57	3	38	28
То же	4+4+4	I6+67	3	40	3I
Раздельно-спаренное окно (ГОСТ I6289-80)	3+3+3	46+57	3	40	29
То же	4+4+4	46+66	3	40	3I

x) R_w – индекс изоляции воздушного шума конструкцией, дБ, по СТ СЭВ 4867-84.

Таблица 5

Материал	Общая толщина мм	Объемный вес, кг/м³	R_w, дБ	R_A, дБА
Однослойные наружные стены				
Автоклавный ячеистый бетон оштукатуренный	75	800	36	33
То же	100	700	40	36
- " -	240	800	47	40
Перлитобетон	100	1350	46	40
Керамзитобетон	80	2000	46	38
Железобетон	60	2500	47	37
Наружные стены из легких многослойных панелей				
Два асбестоцементных листа толщиной 8 мм, заполнение:				
фенолформальдегидный пенопласт толщиной 60 мм	76	-	46	38
то же заполнение - полужесткая минераловатная плита толщиной 60 мм	76	-	49	42
то же заполнение - полужесткая минераловатная плита толщиной 100 мм	116	-	51	44
Два стальных листа толщиной 0,5 мм, заполнитель - полужесткие минераловатные плиты толщиной 60 мм	60	-	38	26

6. АКУСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОМЕЩЕНИЙ

6.1. Для обеспечения хорошей слышимости передаваемой информации (повышения разборчивости, снижения уровней внутреннего и внешнего проникающего шума) все помещения, связанные с пребыванием и обслуживанием пассажиров (операционные залы, залы ожидания и распределения, галлереи, торговые

залы ресторанов и т.п.) должны быть акустически обработаны звукопоглощающими конструкциями или материалами.

6.2. Акустическая обработка звукопоглощающими материалами или конструкциями должна быть предусмотрена в служебных помещениях командно-диспетчерского пункта (КДП), где имеются устройства диспетчерской громкоговорящей и оперативной телефонной связи.

6.3. Типы, площадь и размещение звукопоглощающих конструкций и материалов должны определяться акустическим расчетом, являющимся обязательной составной частью проекта.

Расчет производится по приложению 6.

6.4. Акустическая обработка пассажирских помещений, указанных в п. 6.I, должна быть выполнена с таким расчетом, чтобы время реверберации в области средних частот (500–I000 Гц) при заданном объеме помещения оказалось ниже прямой, изображенной на графике (рис. 6). В области частот ниже 500 Гц время реверберации не должно более чем на 20% превышать значения, выбранные для средних частот.

6.5. Акустическая обработка служебных помещений, в том числе студии диктора, должна быть выполнена с таким расчетом, чтобы время реверберации не превышало 0,5 с в диапазоне частот I25–4000 Гц.

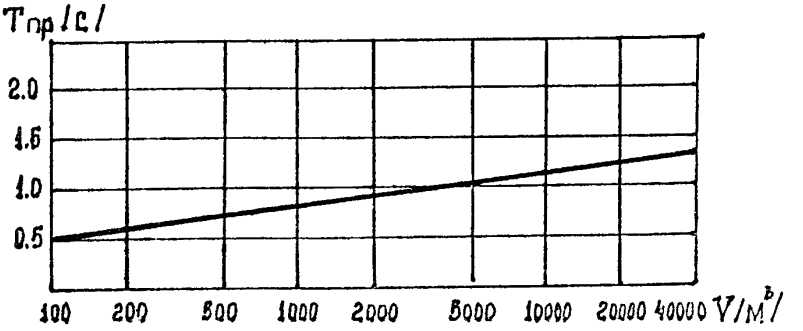


Рис. 6. Зависимость времени реверберации от объема помещения

6.6. Материалы и конструкции, применяемые для акустической обработки помещений, должны удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям, а также условиям огне- и биостойкости.

6.7. Сведения о коэффициентах звукопоглощения материалов и конструкций, необходимые для расчета реверберации, приведены в приложении 4.

Примеры расчета частотной характеристики времени реверберации представлены в приложении 7.

7. СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

7.1. Системы оповещения и передачи информации должны быть предусмотрены во всех помещениях, связанных с пребыванием и обслуживанием пассажиров, в служебных помещениях, личный состав которых связан с обслуживанием самолетов, а также на привокзальной территории в той ее части, где могут находиться пассажиры.

7.2. Выбор системы передачи информации для тех или иных помещений или участков территории должен быть сделан на основе акустического расчета, являющегося обязательной составной частью проекта.

7.3. Расчет систем оповещения и передачи информации должен быть произведен таким образом, чтобы акустические параметры системы удовлетворяли следующим требованиям:

максимальный уровень звукового давления $N_{тр}$ на озвучиваемой поверхности в помещениях аэровокзалов должен составлять 80–86 дБ. При озвучивании открытых пространств уровень полезного сигнала должен на 25–30 дБ превышать уровень шумов;

допустимая неравномерность прямого звукового поля в помещениях – 6 дБ, на открытых пространствах – 9 дБ;

частотная характеристика звукового давления в любой точке озвучиваемой поверхности должна быть по возможности одинаковой. Неравномерность усредненной акустической частотной характеристики в области 200–2000 Гц не должна превышать 6 дБ (рис. 7);

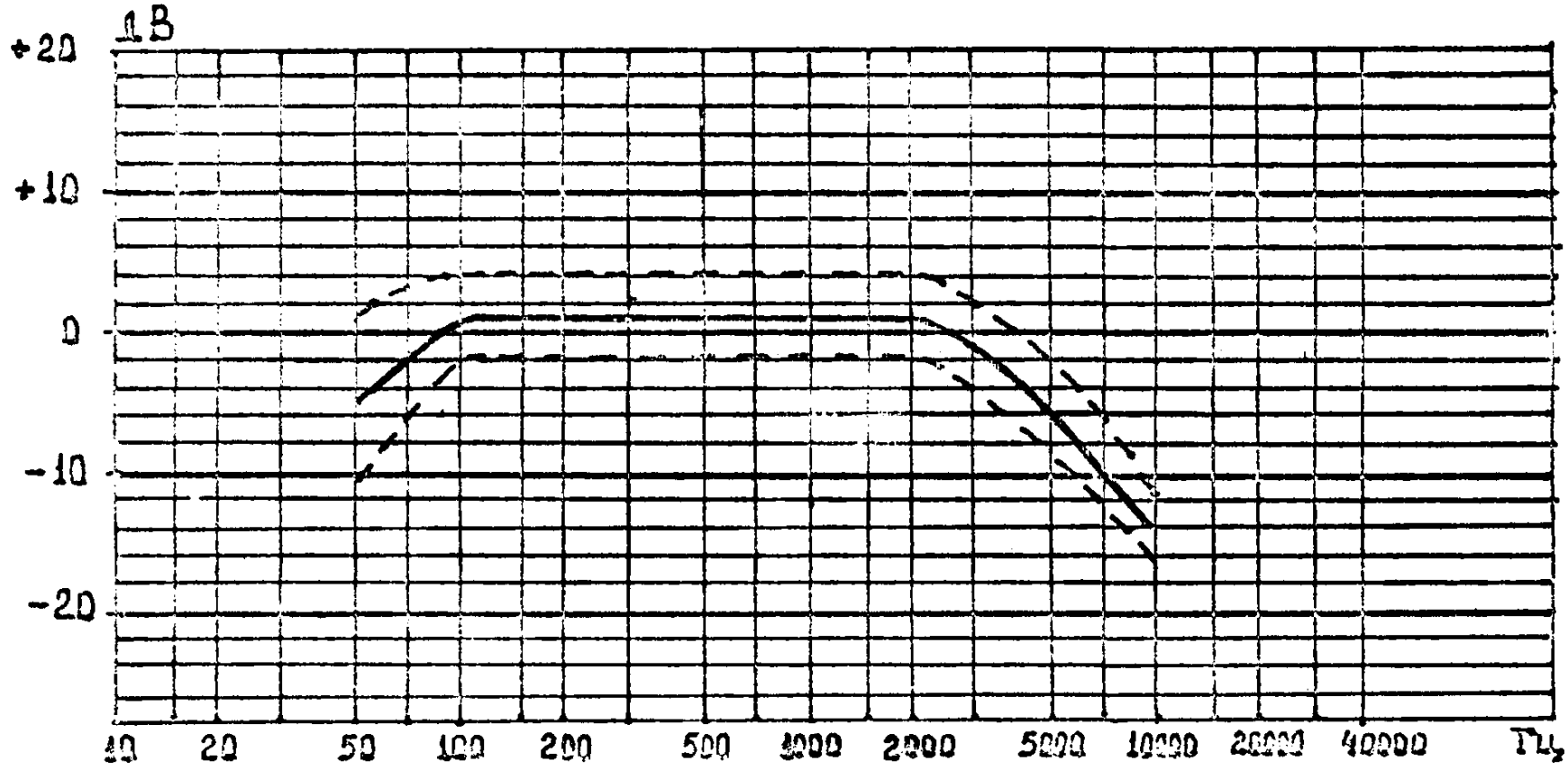


Рис. 7. Акустическая частотная характеристика звукопередачи

система звуковоспроизведения должна обеспечивать достаточную разборчивость речи, величина слоговой разборчивости должна быть не менее 75%;

если в системе звуковоспроизведения используются несколько громкоговорителей (или групп громкоговорителей), озвучивающих различные зоны, то необходимо, чтобы запаздывающие сигналы, приходящие в любое слушательское место от громкоговорителей соседних зон, не создавали помехи типа эхо;

класс выбранной аппаратуры определяется требуемым качеством системы звуковоспроизведения.

7.4. Методика расчета систем оповещения и передачи информации изложена в приложении 8. Примеры расчета систем оповещения и передачи информации представлены в приложении 9. Характеристики громкоговорителей, используемых в этих системах, даны в приложении 10.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение I

РАСЧЕТ СНИЖЕНИЯ ШУМА ЗА СЧЕТ ЭКРАНИРОВАНИЯ

Если между источником шума, например, местом опробования двигателей самолетов на предангарной площади и расчетной точкой располагается препятствие в виде экрана-стенки или используемого в качестве экрана здания, при расчете ожидаемого уровня шума в расчетной точке следует определить дополнительное снижение шума за счет эффекта экранирования $\Delta L_{A\,экр}$ (по уровню звука в дБА).

Для нахождения расчетного спектра шума у наружного ограждения защищаемого здания следует определить аналогичное снижение уровней звукового давления за счет экранирования $\Delta L_{экр}$ в октавных полосах частот.

Для определения эффективности экрана необходимо вычертить в масштабе схему относительного расположения источника шума S, экрана и расчетной точки P, которая выбирается у фасада защищаемого здания на уровне окон верхнего этажа.

По схеме определяются исходные параметры:

A – расстояние от источника шума до верха экрана-стенки или до верха приведенного плоского экрана при экране-здании;

B – расстояние от верха экрана-стенки (приведенного плоского экрана) до расчетной точки;

C – расстояние от источника шума до расчетной точки по прямой;

R – проекция C на горизонтальную плоскость.

Далее определяется параметр $\frac{X}{\sqrt{\lambda R}}$,

где $X = \sqrt{(A+B)^2 - C^2}$,

λ – длина волны.

По параметру $\frac{X}{\sqrt{\lambda R}}$ с помощью графика на рис. I определяется эффективность экрана. Если экран представляет собой здание, ангар и т.п., то в этом случае вычерчивается расчетная схема эквивалентного экрана (рис. 2, б) и по ней определяются параметры A, B, C, R. Далее расчет экрана сводится к определению параметра $\frac{X}{\sqrt{\lambda R}}$ и нахождению эффективности по графику на рис. I.

Для турбовинтовых и реактивных самолетов при углах 0-100° от носа самолета снижение звука в дБА определяется для частоты 500 Гц (λ = 0,68 м). Для реактивных самолетов при углах 110-180° эффективность экрана в дБА следует определять для частот 250 Гц (λ = I,36 м).

Пример

Дано. Между местом опробования двигателей и защищаемым зданием расположено производственное здание АТБ. Взаимное расположение источника шума, экрана-здания и расчетной точки приведено на рис. 2. Самолет ориентирован носом к экрану.

Требуется. Определить ожидаемое снижение шума при опробовании двигателей по уровню звука в дБА и по уровням звукового давления в октавных полосах частот.

Решение. По расчетной схеме на рис. 2 определяются параметры A, B, C, R, далее вычисляется параметр $\frac{X}{\sqrt{\lambda R}}$ и по графику на рис. I определяется эффективность экрана (для f = 500 Гц):

$$A = 26,8 \text{ м}; \quad B = 56,3 \text{ м}; \quad C = 80,2 \text{ м}; \quad R = 80 \text{ м};$$

$$X = \sqrt{(26,8 + 56,3)^2 - 80,2^2} = 21,76;$$

$$\frac{X}{\sqrt{\lambda R}} = \frac{21,76}{\sqrt{0,68 \cdot 80}} = 2,9;$$

$$\Delta L_{A\text{экр}} = 20 \text{ дБА}$$

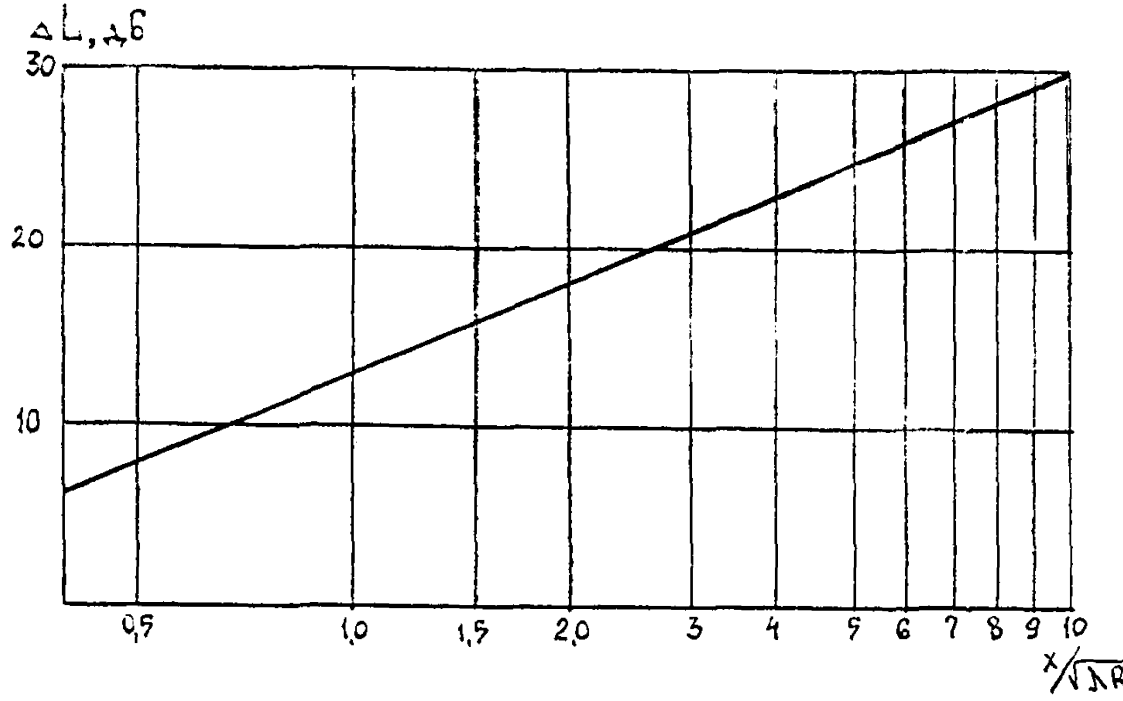
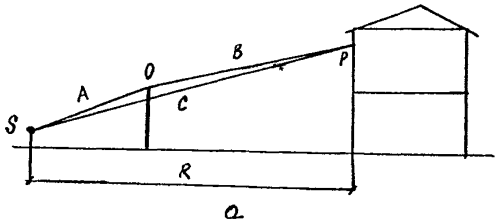
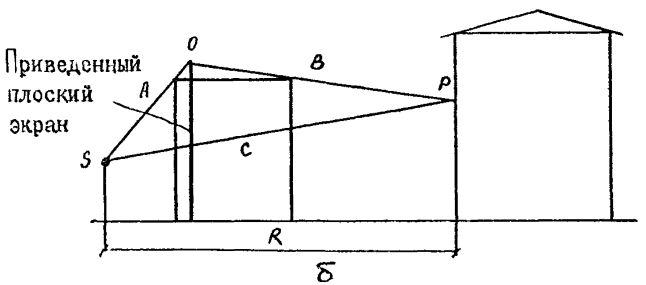


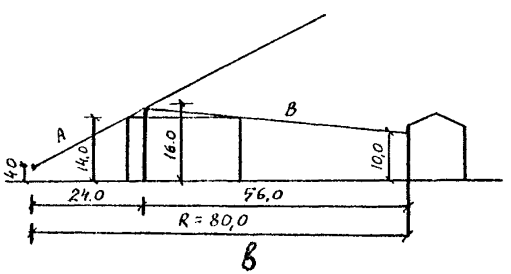
Рис. I. Расчет эффективности экрана



а



б



в

Рис. 2. Схемы для расчета эффективности экрана: а – экран-стенка; б – экран-здание; в – пример расчета

Для определения эффективности экрана в октавных полосах частот достаточно вычислить эффективность в одной из полос частот, учитывая, что эффективность растет с градацией 2,5 дБ с увеличением частоты на одну октаву. Таким образом, снижение октавных уровней звукового давления в октавных полосах частот в данном случае составит:

Октавная полоса частот, Гц	I25	250	500	I000	2000	4000
$\Delta L_{экр}$, дБ	I5	I7,5	20	22,5	25	27,5

РАСЧЕТНЫЕ СПЕКТРЫ ШУМА САМОЛЕТОВ ПРИ ВЗЛЕТЕ, НАЗЕМНОМ ОПРОБОВАНИИ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТРОГАНИИ С МЕСТА

Таблица I

Расчетные спектры шума при взлете самолетов

Расстояние от оси ВПП, м	Расположение расчетной точки	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах частот, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
I	2	3	4	5	6	7	8
Ил-86, Ту-134							
100	В начале ВПП	120	118	108	105	104	99
	В середине ВПП	119	112	104	105	105	98
200	В начале ВПП	114	112	102	99	97	92
	В середине ВПП	113	106	98	99	98	91
400	В начале ВПП	108	106	95	92	90	84
	В середине ВПП	107	100	91	92	91	83
800	В начале ВПП	101	98	87	84	81	74
	В середине ВПП	100	92	83	84	82	73
1600	В начале ВПП	93	90	79	75	71	64
	В середине ВПП	92	84	75	75	72	63
Ил-62, Ту-154, Ил-76							
100	В начале ВПП	116	112	104	102	100	98
	В середине ВПП	112	105	99	99	99	93
200	В начале ВПП	110	106	98	96	93	91
	В середине ВПП	106	98	92	92	92	85
400	В начале ВПП	104	100	91	89	85	83
	В середине ВПП	100	92	85	85	84	75

I	2	3	4	5	6	7	8
800	В начале ВПП	97	92	83	8I	76	73
	В середине ВПП	93	84	77	77	75	65
I600	В начале ВПП	89	84	75	72	66	63
	В середине ВПП	85	76	69	68	65	55
Як-42							
I00	В начале ВПП	I08	I05	97	95	93	90
	В середине ВПП	I05	I00	95	94	94	89
200	В начале ВПП	I02	99	9I	89	86	83
	В середине ВПП	99	94	89	88	87	82
400	В начале ВПП	96	93	84	82	78	75
	В середине ВПП	93	88	82	8I	79	74
800	В начале ВПП	89	85	76	74	69	65
	В середине ВПП	86	80	74	73	70	64
I600	В начале ВПП	8I	77	68	65	59	55
	В середине ВПП	78	72	66	64	60	54
Як-40							
I00	В начале ВПП	I03	98	92	89	87	83
	В середине ВПП	I0I	93	92	9I	88	85
200	В начале ВПП	97	92	86	83	80	76
	В середине ВПП	95	85	84	83	79	75
400	В начале ВПП	90	85	79	76	72	68
	В середине ВПП	89	80	79	77	73	69
800	В начало ВПП	83	77	7I	68	63	58
	В середине ВПП	82	72	7I	69	64	59
I600	В начало ВПП	75	69	63	60	54	48
	В середине ВПП	74	64	63	6I	55	49
Ил-I8, Ан-I0							
I00	В начале ВПП	I02	I00	93	90	86	8I
	В середине ВПП	96	90	90	87	84	8I

I	2	3	4	5	6	7	8
200	В начале ВПП	95	87	86	83	79	74
	В середине ВПП	90	84	83	80	77	73
400	В начале ВПП	88	80	79	76	7I	65
	В середине ВПП	83	77	76	73	69	64
800	В начале ВПП	8I	73	72	69	63	56
	В середине ВПП	76	70	69	66	6I	55
I600	В начале ВПП	74	66	65	62	55	47
	В середине ВПП	69	63	62	59	53	46
Ан-24							
I00	В начале ВПП	98	9I	90	89	85	79
	В середине ВПП	I0I	9I	87	86	83	77
200	В начале ВПП	9I	83	82	8I	77	72
	В середине ВПП	95	85	80	79	76	70
400	В начале ВПП	84	76	75	73	69	63
	В середине ВПП	88	78	73	7I	68	6I
800	В начале ВПП	77	69	67	65	60	53
	В середине ВПП	8I	7I	65	63	59	5I
I600	В начале ВПП	70	6I	59	57	5I	43
	В середине ВПП	74	63	57	55	50	4I

Таблица 2

Расчетные спектры шума при наземном опробовании двигателей самолетов

Расстояние, м	Угол относа самолета, град.	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах частот, Гц						L_A, дБА
		I25	250	500	I000	2000	4000	
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Ил-86								
I00	0	I0I	99	99	96	97	92	I02
	90	I02	I03	I03	I00	I0I	99	I07
	I30	I22	II8	II5	I09	I03	I0I	II6
200	0	95	92	92	89	89	84	95
	90	96	96	96	92	93	9I	99
	I30	II6	III	I08	I0I	95	93	I09

I	2	3	4	5	6	7	8	9
400	0	89	85	84	8I	80	75	87
	90	90	89	88	84	84	82	9I
	I30	II0	I04	I00	93	86	84	I02
800	0	83	78	76	73	7I	66	79
	90	84	82	80	76	75	73	83
	I30	I04	97	92	85	77	75	94
I600	0	76	7I	68	64	6I	56	70
	90	77	75	72	67	65	63	74
	I30	97	90	83	76	67	65	86
Ил-62, Ил-76, Ту-I54								
I00	0	I00	98	98	95	96	90	I0I
	90	95	97	I0I	99	97	95	I04
	I30	II5	II2	II0	I06	I03	99	II2
200	0	94	9I	9I	88	88	82	94
	90	89	90	94	9I	89	87	96
	I30	I09	I05	I03	99	95	9I	I05
400	0	88	84	83	80	79	73	86
	90	83	83	82	83	80	78	87
	I30	I03	98	95	90	86	82	97
800	0	82	77	75	7I	69	63	77
	90	76	76	74	74	7I	68	78
	I30	96	90	86	8I	76	72	88
I600	0	75	70	66	62	59	53	68
	90	69	69	66	65	6I	58	69
	I30	89	82	77	7I	66	62	79
Як-42								
I00	0	9I	82	9I	89	9I	89	97
	90	92	88	93	94	93	88	99
	I30	I07	I03	99	97	94	93	I03

I	2	3	4	5	6	7	8	9
200	0	85	75	84	83	84	82	90
	90	86	8I	86	88	86	8I	92
	I30	I0I	96	92	9I	87	86	96
400	0	79	68	77	76	76	74	82
	90	80	74	79	8I	78	73	84
	I30	95	89	85	84	79	78	89
800	0	72	6I	69	68	67	64	73
	90	73	67	7I	73	69	63	75
	I30	88	82	77	76	70	69	8I
I600	0	64	53	60	59	57	54	64
	90	65	59	62	64	59	53	66
	I30	80	74	68	67	60	59	72
Як-40								
I00	0	84	75	84	82	85	83	90
	90	85	8I	86	88	87	82	92
	I30	94	9I	86	85	88	84	93
200	0	78	68	77	75	77	75	82
	90	79	74	79	8I	79	74	85
	I30	88	84	79	78	80	76	85
400	0	72	6I	69	67	68	66	74
	90	73	67	72	73	70	65	77
	I30	82	77	7I	70	7I	67	77
800	0	66	54	62	60	59	57	65
	90	67	60	63	65	60	56	68
	I30	76	70	63	62	62	58	69
I600	0	59	47	53	50	49	47	56
	90	60	53	55	56	50	46	59
	I30	69	53	55	53	52	48	60
Ил-I8, Ан-I0								
I00	0	I0I	I02	I00	96	94	92	I02
	90	I08	I03	99	94	9I	89	I0I
	I50	90	9I	88	87	82	80	92

I	2	3	4	5	6	7	8	9
200	0	96	95	93	88	86	84	95
	90	I02	96	92	86	83	8I	94
	I50	84	84	8I	79	76	72	84
400	0	90	88	85	80	77	75	87
	90	96	89	85	78	74	7I	87
	I50	78	77	73	7I	67	63	76
800	0	83	8I	77	7I	67	65	79
	90	90	82	76	69	64	6I	79
	I50	7I	70	65	62	57	53	68
I600	0	76	74	69	62	57	55	70
	90	83	75	68	60	54	5I	7I
	I50	64	63	57	53	47	43	59
Ан-24								
I00	0	96	97	95	9I	89	87	97
	90	I03	98	94	89	86	84	96
	I50	85	86	83	82	79	75	87
200	0	9I	90	88	83	8I	79	90
	90	97	9I	87	8I	78	76	89
	I50	79	79	76	74	7I	67	79
400	0	85	83	80	75	72	70	82
	90	9I	84	80	73	69	66	82
	I50	73	72	68	66	62	56	7I
800	0	78	76	72	66	62	60	74
	90	85	77	7I	64	59	56	74
	I50	66	65	60	57	52	48	63
I600	0	7I	69	64	57	52	50	65
	90	78	70	63	55	49	46	66
	I50	59	58	52	48	42	38	54

Таблица 3

Расчетные спектры шума самолетов в момент начала движения по земле

Расстояние от самолета, м	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах частот, Гц					
	125	250	500	1000	2000	8000
1	2	3	4	5	6	7
Ил-86						
50	114	111	110	105	101	101
100	108	105	103	98	94	94
200	102	98	96	90	86	86
400	96	91	88	82	77	77
800	90	84	80	74	68	68
1600	83	77	71	65	58	58
Ил-62, Ил-76, Ту-154, Ту-134						
50	107	105	105	102	101	99
100	101	99	98	95	94	92
200	95	92	91	88	86	84
400	89	85	83	79	77	75
800	82	77	74	70	67	65
1600	75	69	65	60	57	55
Як-42						
50	93	91	88	88	93	91
100	87	85	81	81	86	84
200	81	78	74	74	78	76

I	2	3	4	5	6	7
400	75	7I	66	66	69	67
800	69	64	58	58	60	58
I600	62	57	50	49	50	48
Як-40						
50	86	84	8I	8I	86	84
I00	80	78	74	74	79	77
200	74	7I	67	67	7I	69
400	68	64	59	59	62	60
800	62	57	5I	5I	53	5I
I600	55	50	43	42	43	4I
Ил-I8, Ан-I0						
50	I07	I02	99	95	93	92
I00	I0I	96	92	88	86	86
200	95	89	85	80	78	77
400	89	82	78	72	69	67
800	83	75	69	63	59	57
I600	76	68	6I	54	49	47
Ан-24						
50	I02	97	94	90	88	87
I00	96	9I	87	83	8I	80
200	90	84	80	75	73	72
400	84	77	73	67	64	62
800	78	70	64	58	54	52
I600	7I	63	56	49	44	42

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

Конструкция	Толщина стекла, обшивки, панели, мм	Толщина воздушного промежутка между стеклами, обшивками, мм	Изоляция воздушного шума в октавных полосах частот, дБ					
			I25	250	500	I000	2000	4000
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Металлические витражи с глухим остеклением								
Одинарный витраж со стеклопакетом	4 + 4	I8	20	23	29	36	4I	39
	8 + 8	25	23	28	35	42	40	45
	4 + 4	30	20	25	3I	38	42	40
Двойной витраж	4 + 4	I00	22	30	37	44	47	46
	4 + 4	200	24	33	39	46	48	50
	8 + 8	I00	26	35	4I	47	45	50
	8 + 8	200	29	38	43	49	47	5I
	8 + 8	300	3I	40	44	49	48	54
	8 + 8	400	33	3I	46	50	49	56
	8 + 8	650	36	43	46	5I	50	58

I	2	3	4	5	6	7	8	9
Двойной витраж со стеклопакетом и стеклом	8+8+8	20+200	33	4I	44	50	53	57
Окна деревянные								
Одинарное окно со стеклопакетом:								
I прокладка	3+3	I5	20	I8	26	29	27	33
2 прокладки	4+4	I8	2I	20	29	34	36	36
Спаренное окно:								
I прокладка	3+3	56	I6	22	27	3I	33	32
-"-	4+4	56	I9	25	30	3I	32	33
Раздельное окно:								
I прокладка	3+3	90	I8	24	30	37	36	37
2 прокладки	3+3	90	20	26	34	39	4I	42
-"-	4+4	90	22	30	35	40	42	42
-"-	6+3	90	23	30	36	40	4I	44
Раздельное окно со стеклопакетом и стеклом:								
2 прокладки	3+3+3	I6+57	22	26	34	40	40	43
-"-	4+4+4	I6+67	25	30	36	4I	46	46
Раздельно-спаренное окно с тройным остеклением:								
3 прокладки	3+3+3	46+57	23	28	33	40	47	48
-"-	4+4+4	46+66	24	30	36	42	47	48

I	2	3	4	5	6	7	8	9
Однослойные наружные стены								
Автоклавный ячеистый бетон оштукатуренный:								
γ = 600 кг/м^3	75	-	35	32	3I	34	42	49
γ = 700 кг/м^3	I00	-	33	35	35	38	46	48
γ = 800 кг/м^3	240	-	35	36	43	5I	53	55
Перлитобетон:								
γ = I300 кг/м^3	I00	-	39	36	4I	49	54	58
Керамзитобетон:								
γ = 2000 кг/м^3	80	-	39	35	38	46	52	54
Железобетон:								
γ = 2400 кг/м^3	60	-	33	34	40	48	5I	55
Наружные стены из легких многослойных панелей								
Два асбестоцементных листа, заполнение промежутка:								
фенолформальдегидный пенопласт	8+8	60	33	34	43	49	49	50

I	2	3	4	5	6	7	8	9
полужесткие минераловатные плиты	8+8	60	36	42	47	52	46	50
То же	8+8	I00	37	44	50	55	52	52
Два стальных листа (заполнение промежутка - полужесткие минераловатные плиты)	0,5+0,5	60	I7	33	39	42	48	5I

КАТАЛОГ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ ОБЛИЦОВОК И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изделия или конструкции, ГОСТ или ТУ	Реверберационный коэффициент звукопоглощения α в октавных полосах частот, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	2	3	4	5	6	7
Звукопоглощающие облицовки						
Плиты марки ПА/О, минераловатные, акустические без относа от ограждающей конструкции (ТУ-21-24-60-74)	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45
То же, с относом 50 мм	0,05	0,42	0,98	0,90	0,79	0,45
Плиты марки ПА/С, минераловатные, акустические, без относа (ТУ 21-24-60-74)	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89
То же, с относом 50 мм	0,12	0,36	0,88	0,94	0,84	0,8
Плиты типа "Акмигран", "Акминит" без относа (ГОСТ 17918-72)	0,11	0,30	0,85	0,90	0,78	0,72
То же, с относом 50 мм	0,20	0,71	0,88	0,81	0,71	0,79
То же, с относом 100 мм	0,29	0,70	0,68	0,68	0,75	0,74
То же, с относом 200 мм	0,48	0,71	0,70	0,79	0,77	0,62
Плиты звукопоглощающие гипсовые литые "Москва" без относа (ОСТ 21-26-84)	0,14	0,34	1,0	0,61	0,72	0,46
То же, с относом 100 мм	0,26	0,74	0,79	0,61	0,53	0,5
Плиты гипсовые литые "Мелодия" без относа (ОСТ 21-26-76)	0,20	0,3	0,9	0,45	0,28	0,27
То же, с относом 100 мм	0,33	0,62	0,74	0,49	0,36	0,34

I	2	3	4	5	6	7
Маты из супертонкого стекловолокна толщиной 50 мм (ТУ 2I-0I-224-69), оболочка из стеклоткани 3З-I00 без относа (ГОСТ I9907-74[X])	0,4	0,85	0,98	I,0	0,93	0,97
Маты из супертонкого базальтового волокна толщиной 50 мм (РСТ УССР 50I3-76), оболочка из декоративной стеклоткани ТСД (ТУ-6-II-54-74) или 3З-I00 без относа	0,2	0,9	I,0	I,0	0,95	0,90
То же, толщиной 200 мм	I,0	I,0	I,0	0,9	0,8I	0,97
Плиты "Силакпор" без относа (ОСТ 2I-22-76)	0,25	0,45	0,60	0,70	0,80	0,90
Звукопоглощающие облицовки с перфорированным покрытием						
Минераловатная плита γ = 80 кг/м^3, толщиной 60 мм (ГОСТ 9573-72); стеклоткань типа ЭТ-I00 (ГОСТ I9907-74[X]); гипсовая перфорированная плита размером 500 х 500 мм, толщиной 6 мм, перфорация по квадрату (I3%), диаметр I0 мм (ТУ-400-I-283-73) без относа	0,3I	0,70	0,95	0,69	0,59	0,50
То же, но перфорация гипсовой плиты по рисунку (I3%), диаметр 7-9 мм	0,3I	0,95	0,99	0,80	0,52	0,46
Минераловатная плита γ = I50 кг/м^3, толщиной 70 мм, гипсовая плита, подклеенная бязью без относа (ТУ 400-I-283-73)	0,42	0,95	I,0	0,75	0,60	0,5I
Прошивные минераловатные маты γ = I00 кг/м^3 толщиной I00 мм (ТУ 2I-24-5I-73); гипсовая плита, подклеенная бязью, без относа (ТУ 400-I-283-73)	0,42	0,8I	0,82	0,69	0,58	0,59

I	2	3	4	5	6	7
То же, но гипсовая плита с перфорацией по рисунку (13%), диаметр 7–9 мм	0,40	0,89	0,97	0,76	0,70	0,71
Супертонкое стекловолокно γ = 15 кг/м^3 толщиной 100 мм (ТУ 212 РСФСР-224-75) стеклоткань Э3-100, гипсовая плита, размер 500х500 мм толщина 7 мм, перфорация по рисунку (13%), диаметр 7–9мм без относа (ТУ 400-1-283-73)	0,66	1,0	1,0	1,0	0,96	0,7
То же, с относом 250 мм	0,73	1,0	1,0	1,0	1,0	0,92
Прошивные минераловатные маты γ = 100 кг/м^3 толщиной 100 мм (ТУ 21-24-51-73); стеклоткань Э3-100; просечно-вытяжной лист с перфорацией 74% без относа (ГОСТ 8706-78)	0,35	0,75	1,0	0,95	0,90	0,92
Минераловатная плита толщиной 50 мм (ГОСТ 9573-72); стеклоткань типа Э3-100; просечно-вытяжной лист с перфорацией 74% без относа (ГОСТ 8706-78)	0,18	0,55	1,0	0,86	0,79	0,85
То же, с относом 100 мм	0,27	0,76	0,9	0,86	0,92	0,87
Супертонкое стекловолокно (ТУ 21-РСФСР-224-75); толщиной 50 мм, стеклоткань Э3-100; просечно-вытяжной лист с перфорацией 74% без относа (ГОСТ 8706-78)	0,25	0,7	0,95	1,0	1,0	1,0
То же, с относом 250 мм	0,63	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Маты из супертонкого базальтового волокна γ = 25 кг/м^3 толщиной 40 мм (РСТ УССР 5013-76); стеклоткань типа Э3-100; перфорированная алюминиевая панель без относа (ТУ 36-1947-76)	0,23	0,9	1,0	1,0	0,97	0,97
То же, но с защитной пленкой толщиной 25 мкм (МРТУ 6-05-1065-76) вместо стеклоткани	0,34	0,74	1,0	1,0	0,94	0,87

I	2	3	4	5	6	7
Строительные материалы и конструкции						
Кирпичная кладка:						
без расшивки швов	0,I5	0,I9	0,29	0,28	0,38	0,46
с расшивкой швов	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06
Стены оштукатуренные, окрашенные краской:						
клеевой	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
масляной	0,0I	0,0I	0,0I	0,02	0,02	0,02
Штукатурка по металлической сетке с воздушной полостью позади	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Бетон с железнением	0,0I	0,0I	0,0I	0,02	0,02	0,02
Мрамор, гранит и др. каменные породы шлифованные	0,0I	0,0I	0,0I	0,0I	0,0I	0,02
Травертин	0,02	0,03	0,03	0,03	0,35	0,04
Метлахская плитка	0,0I	0,0I	0,02	0,02	0,02	0,03
Панель деревянная толщиной 5-I0 мм с относом 50 мм	0,3	0,I5	0,06	0,05	0,04	0,04
Плиты древесностружечные неокрашенные толщиной 20 мм с относом 50-I00 мм	0,I	0,08	0,05	0,05	0,08	0,I
Плиты твердые древесноволокнистые толщиной 4 мм с относом I00 мм	0,3	0,I6	0,08	0,05	0,04	0,08
Двери деревянные	0,I	0,II	0,I	0,08	0,08	0,II
Штукатурка гипсовая сухая толщиной I0 мм с относом 50-I00 мм	0,3	0,25	0,I	0,08	0,05	0,04
Остекление	0,35	0,25	0,I8	0,I2	0,07	0,04
Светопрозрачные ограждения из стеклоблоков	0,0I	0,I2	0,024	0,06	0,I	0,06
Пол паркетный	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07

I	2	3	4	5	6	7
Пол дощатый на лагах	0,I	0,I	0,I	0,08	0,08	0,09
Линолеум по твердому основанию	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Ковер шерстяной толщиной, мм:						
9 (по бетону)	0,09	0,08	0,2I	0,26	0,27	0,37
3 (на войлочной подоснове)	0,II	0,I4	0,37	0,43	0,27	0,3
Портьеры хлопчатобумажные со складками	0,05	0,3	0,45	0,7	0,65	0,5
Портьеры плюшевые со складками	0,I5	0,35	0,55	0,7	0,7	0,65
Фибролит толщиной 50 мм с относом 50–I00 мм	0,2	0,45	0,45	0,5	0,6	0,65
Вентиляционные решетки	0,3	0,42	0,5	0,5	0,5	0,5I
Кресло мягкое	0,05	0,09	0,I2	0,I3	0,I5	0,I6

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ОЖИДАЕМОГО УРОВНЯ ШУМА И ВЫБОРА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

ПРИМЕР I

Дано. Аэропорт П класса, характерный набор самолетов – Ил-62, Ту-I54, Як-42, Як-40, Ан-24. Здание аэровокзала расположено в 750 м от ВПП по перпендикуляру к середине ВПП.

Самолеты рулят на собственных двигателях до и с места стоянок, расположенных на расстоянии от I00 м (для Як-42, Як-40 и Ан-24) до 300 м (для Ил-62 и Ту-I54) до аэровокзала.

Площадки опробования двигателей находятся в 800 м от здания аэровокзала. Самолеты на площадках располагаются перпендикулярно фасаду здания аэровокзала, угол облучения фасада аэровокзала 30^{0} от носа самолета.

Зал ожидания имеет прямоугольную форму в плане размером 60 х I5 м, высоту 5 м, приблизительно 70% площади потолка облицованы звукопоглощающими плитками из акмиграна, пол выполнен из гранита, стены кирпичные, оштукатуренные и окрашены масляной краской.

Требуется. Определить ожидаемые уровни шума у фасада здания аэровокзала при различных операциях самолетов в дБА и выбрать конструкцию наружного ограждения.

Решение. Выбор конструкции производим по наибольшим уровням, создаваемым самолетами при взлете, опробовании двигателей и рулении на перроне. Для операции взлета наиболее шумными являются Ил-62 и Ту-I54. На расстоянии 750 м от оси ВПП создаваемый ими уровень шума составляет 85,5 дБА (см. рис. I, Пособия, $\Delta_1 = -2$ дБА). При опробовании двигателей самолетов Ил-62 и Ту-I54 на расстоянии 800 м и угле от носа самолета 30^{0} уровни шума составляют 80,5 дБА (см. рис. 3 Пособия). При рулении самолетов по перрону наибольший шум создается самолетом Ан-24 (при расстоянии I00 м – 90 дБА, см. табл. 3 Пособия).

Таким образом, принимаем уровень шума у фасада аэровокзала 90 дБА. Для выбора конструкции наружного ограждения

необходимо определить поправку на звукопоглощение в помещении аэровокзала, равную $10 \lg \frac{S_0(1-\alpha_{ср})}{A}$. Определяем ее по табл. I приложения 5, используя данные приложения 4.

Для определения поправки на звукопоглощение в дБА находим $\alpha_{ср}$ и $A_{ср}$ в диапазоне 125-500 Гц ($\alpha_{ср} = 0,14$, $A_{ср} = 354$). Тогда $10 \lg \frac{S_0(1-\alpha_{ср})}{A} = -1,4$ дБА. В этом случае требуемая звукоизоляция назначается из условия обеспечения допустимых уровней шума внутри аэровокзала (табл.I Пособия) $L_A^{доп} = 60$ дБА) при условиях наружного шума 90 дБА и поправке на звукопоглощение внутри помещения -1,4 дБА $R_A^{тр} = 90-60-1,4 = 29$ дБА. Этим требованиям отвечает наружное ограждение из металлического витража со стеклопакетом, толщина стекол 8 мм, воздушный зазор 25 мм (табл.4 Пособия).

ПРИМЕР 2

Требуется. Провести проверочный расчет соответствия спектра шума, проникающего в зал ожидания аэровокзала, допустимому спектру - 55 (исходные данные соответствуют примеру I).

Решение. При выборе конструкции наружного ограждения аэровокзала (в примере I) выяснилось, что максимальные уровни шума у фасада создаются при рулении Ан-24 с места стоянки в 100 м от аэровокзала, поэтому ожидаемые уровни шума внутри аэровокзала рассчитываем только по спектру Ан-24 в момент начала движения по земле (см. табл. 3 приложения 2). Значения звукоизоляции в октавных полосах частот для выбранной конструкции берем из приложения 3. Расчет проникающего спектра шума:

Октавные полосы частот, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
Уровни звукового давления у фасада $L_{нар}$, дБ	96	91	87	83	81	80
Звукоизоляция металлического витража со стеклопакетом, R, дБ	23	28	35	42	40	45
Поправка на звукопоглощение, $10 \lg \frac{S_0(1-\alpha_{ср})}{A}$	2	0	-4	-5	-4	-3

Уровни звукового давления в помещении, $L_{вн}$, дБ	75	63	48	36	37	32
Допустимые уровни звукового давления, $L_{доп}$, дБ	70	63	58	55	52	50
Превышение, дБ	5	-	-	-	-	-

Как видно из расчета превышение проникающих уровней шума над допустимыми (табл. I Пособия) наблюдается в одной октавной полосе на частоте 125 Гц (5 дБ), что допустимо. Таким образом, конструкция из металлического витража со стеклопакетом при толщине стекол 8 мм и воздушном зазоре 25 мм обеспечит в зале ожидания аэровокзала допустимые уровни шума.

ПРИМЕР 3

Дано. Аэропорт II класса, характерный набор самолетов - Ил-62, Ту-154, Як-42, Як-40, Ан-24. Здание СДП расположено на расстоянии 200 м от оси ВПП по перпендикуляру к началу ВПП. Помещение диспетчерской имеет форму прямоугольника размером 6 х 5 м, высотой 3 м, остекление занимает три стены здания.

Требуется. Выбрать конструкцию наружного ограждения СДП, предусмотрев мероприятия по акустической обработке помещения, провести проверочный расчет ожидаемых уровней шума в помещении СДП.

Решение. Уровни шума при взлете определяем по рис. I. На расстоянии 200 м от оси ВПП они составляют 103 дБА. Предусматриваем акустическую обработку помещения - потолок, одну стену полностью и низ ($h = 0,7$ м) остекленных наружных ограждений обрабатываем звукопоглощающими плитками типа "Акмигран" с относом от стены на расстояние 50 мм; пол покрыт шерстяным ковром на войлочной подкладке. Величину поправки на звукопоглощение в помещении рассчитываем по табл. 2.

Таблица I

Поверхность	Площадь, $м^2$	Коэффициенты звукопоглощения в октавных полосах частот, α						Эквивалентная площадь звукопоглощения $в_0$ октавных полосах частот, А, $м^2$					
		I25	250	500	I000	2000	4000	I25	250	500	I000	2000	4000
Потолок облицованный	650	0,II	0,3	0,85	0,9	0,78	0,72	7I,5	I95	552,5	585	507	468
Стены и потолок необлицованные	700	0,0I	0,0I	0,0I	0,02	0,02	0,02	7	7	7	I4	I4	I4
Наружные ограждения S_0	300	0,3	0,2	0,I5	0,I	0,06	0,04	90	60	45	30	I8	I2
Пол	900	0,0I	0,0I	0,0I	0,0I	0,0I	0,02	9	9	9	9	9	I8
	ΣS =2550												
Вычисляемые величины													
ΣA								I75,5	27I	6I3,5	638	548	5I2
$\alpha_{ср} = \frac{\Sigma A}{\Sigma S}$								0,07	0,II	0,24	0,25	0,22	0,2
$\frac{S_0(1-\alpha_{ср})}{\Sigma A}$								I,57	0,99	0,37	0,35	0,43	0,47
$10 lg \frac{S_0(1-\alpha_{ср})}{\Sigma A}$								2,0	-0,I	-4,3	-4,5	-3,7	-3,3

Таблица 2

Поверхность	Площадь, $м^2$	Коэффициенты звукопоглощения в октавных полосах частот, α						Эквивалентная площадь звукопоглощения в октавных полосах частот, A, $м^2$					
		125	250	500	1000	2000	4000	125	250	500	1000	2000	4000
Облицованные поверхности потолка, стен	59,2	0,2	0,71	0,88	0,81	0,71	0,79	11,84	42	52,1	48	42	46,8
Пол (ковер)	30	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,3	3,3	4,2	11,1	12,9	8,1	9
Остекление S_o	36,8	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06	0,04	11	7,4	5,5	3,7	2,2	1,5
	$\Sigma S = 126$												
Вычисляемые величины													
ΣA								26,1	53,6	68,7	64,6	52,3	57,3
$\alpha_{ср} = \frac{\Sigma A}{\Sigma S}$								0,21	0,43	0,55	0,51	0,41	0,45
$\frac{S_o (1-\alpha_{ср})}{\Sigma A}$								1,11	0,39	0,24	0,28	0,41	0,33
$10 \lg \frac{S_o (1-\alpha_{ср})}{\Sigma A}$								0,4	-4,1	-6,2	-5,5	-3,8	-4,8

В диапазоне частот I25–500 Гц $A_{ср}$ = 49,5 м^2, тогда поправка на звукопоглощение в дБА составит –I,3 (≈ –I дБА). Допустимый уровень шума в помещении СДП равен 55 дБА, с учетом допустимого превышения +5 дБА, звукоизоляцию наружного ограждения можно принять равной I03–55–5–I = 42 дБА.

Конструкцию наружного ограждения (остекление) с такой высокой звукоизоляцией применить в СДП практически невозможно. Реальна установка остекления из металлического витража со стеклопакетом из стекол толщиной 8 мм с зазором 20 мм и стеклом толщиной 8 мм, установленным на расстоянии 200 мм от стеклопакета. Его звукоизоляция составляет 40 дБА.

Проведем проверочный расчет ожидаемых уровней шума внутри СДП для выявления частот, на которых превышаются допустимые уровни. Спектр шума Ту–I54 на расстоянии 200 м от оси ВПП и в ее начале берем из приложения 2, звукоизоляцию выбранной конструкции в октавных полосах частот – из приложения 3. Расчет ожидаемых уровней шума:

Октавные полосы частот, Гц	I25	250	500	I000	2000	4000
Уровни звукового давления у фасада, $L_{нар}$, дБ	II0	I06	98	96	93	9I
Звукоизоляция остекления, R, дБ	33	4I	44	50	53	57
Поправка на звукопоглощение, $10 \lg \frac{S_в(1-\chi_{ср})}{A}$	0,4	–4	–6	–5	–4	–5
Уровни звукового давления в помещении, $L_{вн}$, дБ	77	6I	48	4I	36	29
Допустимые уровни звукового давления, $L_{доп}$, дБ	66	59	54	50	47	45
Превышение, дБ	II	2	–	–	–	–

ПРИМЕР 4

Дано. Аэропорт I класса, характерный набор самолетов: Ил-86, Ту-I54, Ту-I34, Як-40, Ан-24, Ил-I8. Здание РЦ ЕС УВД расположено на расстоянии I400 м от оси ВПП по перпендикуляру к середине ВПП. Самолеты рулят на собственных двигателях до и с мест стоянок, расположенных на расстояниях 900 м от РЦ ЕС УВД. Площадки опробования двигателей самолетов находятся в I000 м от РЦ ЕС УВД. Самолеты на площадках располагаются перпендикулярно фасаду здания РЦ ЕС УВД, угол облучения фасада примерно 0° от носа самолета.

Помещение диспетчерского пункта имеет форму прямоугольника в плане размером 6 х 9 м высотой 3 м, потолок облицован звукопоглощающими плитами из акмиграна, пол застелен шерстяным ковром, стены кирпичные, оштукатуренные и окрашенные масляной краской, три оконных проема I,5xI,5 м занавешаны хлопчатобумажными портьерами.

Требуется. Выбрать конструкцию окон в помещении диспетчерского пункта и проверить выполнение допустимых уровней шума.

Решение. Определяем уровни шума, создаваемые у фасада здания РЦ ЕС УВД при различных операциях самолетов. При взлете (см. рис. I) на расстоянии I400 м от ВПП уровни шума составляют 80 дБА, поправка (по табл. 2) для Ил-86 в середине ВПП +3 дБА, т.е. шум при взлете Ил-86 равен 83 дБА. При трогании с места Ил-86 на расстоянии 900 м уровни шума составляют 8I дБА (табл. 3 прил. 2), при опробовании двигателей Ил-86 при 0° относа самолета на расстоянии I000 м уровни шума составляют 78 дБА (рис. 2). Таким образом, максимальные уровни шума создаются при взлете Ил-86 (83 дБА).

Определяем поправку на звукопоглощение в помещении по табл. 3 приложения 5.

В диапазоне частот I25-500 Гц $A_{ср}$= 38,5 $м^2$, тогда поправка на звукопоглощение в дБА равна -8,4 (-8 дБА). Требуемая звукоизоляция окон равна 83-8-50=25 дБА (при допустимом уровне шума внутри помещения 50 дБА). Необходимую звукоизоляцию имеет раздельное деревянное окно со стеклами толщиной 3 мм и воздушным зазором 90 мм в закрытом виде (т.е. при обеспечении принудительной вентиляции в помещении).

Таблица 3

Поверхность	Площадь, $м^2$	Коэффициенты звукопоглощения в октавных полосах частот, α						Эквивалентная площадь звукопоглощения в октавных полосах частот, А, $м^2$					
		I25	250	500	I000	2000	4000	I25	250	500	I000	2000	4000
Потолок	54	0,II	0,3	0,85	0,9	0,78	0,72	5,9	I6,2	45,9	48,6	42,I	38,9
Пол	54	0,II	0,I4	0,37	0,43	0,27	0,3	5,9	7,6	20	23,2	I4,6	I6,2
Стены	83,3	0,0I	0,0I	0,0I	0,02	0,02	0,02	0,8	0,8	0,8	I,6	I,6	I,6
Остекление S_o	6,8	0,3	0,2	0,I5	0,I	0,06	0,04	2	I,4	I	0,7	0,4	0,3
Портьеры	9	0,05	0,3	0,45	0,7	0,65	0,5	0,5	2,7	4,I	6,3	5,9	4,5
Вычисляемые величины	ΣS =I98,I												
ΣA								I5,I	28,7	7I,8	80,4	64,6	6I,5
$\alpha_{ср} = \frac{\Sigma A}{\Sigma S}$								0,08	0,I4	0,36	0,4	0,33	0,3I
$\frac{S_o(1-\alpha_{ср})}{\Sigma A}$								0,4I	0,2	0,06	0,05	0,07	0,08
$10 \lg \frac{S_o(1-\alpha_{ср})}{\Sigma A}$								-3,8	-6,9	-I2,2	-I2,9	-II,4	-II,I

Проводим проверочный расчет уровней проникающего шума в помещении в октавных полосах частот. Спектр шума при взлете Ил-86 на расстоянии 1400 м от оси ВПП находим по интерполяции по табл. 1 приложения 2. Звукоизоляцию конструкции окна в октавных полосах частот берем из приложения 3.

Расчет уровней проникающего шума:

Октавные полосы частот, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
Уровни звукового давления у фасада, $L_{нар}$, дБ	93	86	77	75	75	63
Звукоизоляция остекления, R, дБ	18	24	30	37	36	37
Поправка на звукопоглощение, $10 lg \frac{S_o(1-\alpha_{ср})}{A}$	-4	-7	-12	-13	-11	-11
Уровни звукового давления в помещении, $L_{вн}$, дБ	71	55	35	25	28	15
Допустимые уровни звукового давления, $L_{доп}$, дБ	61	54	49	45	42	40
Превышение, дБ	10	1	-	-	-	-

Как видно из расчета, превышение реальных уровней шума над допустимыми составляет 10 дБ в полосе частот 125 Гц. Превышения допустимы в одной полосе частот 5 дБ, следовательно, необходимо выбрать конструкцию окна со звукоизоляцией на частоте 125 Гц как минимум 23 дБ. Это может быть конструкция раздельного деревянного окна со стеклами толщиной 6 и 3 мм, воздушным зазором 90 мм и двумя уплотняющими прокладками.

РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОМЕЩЕНИЯ

Из графика на рис. 6 определяется предельная величина времени реверберации $T_{пр}$. Затем вычисляется значение отношений $\frac{L}{H}$ и $\frac{B}{H}$, где L – длина помещения, B – ширина, H – высота. Если $\frac{L}{H} > 5$ или $\frac{B}{H} > 4$, то помещение является несоразмерным. В этом случае акустический расчет усложняется. Поэтому необходимо стремиться к членению несоразмерных помещений на более мелкие соразмерные объемы.

Предварительный расчет времени реверберации производится для частоты 1000 Гц. При этом определяется суммарное звукопоглощение в проектируемом помещении А по формуле (3) Пособия и средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{ср}$ по формуле (4) Пособия.

Для несоразмерных помещений средний коэффициент вычисляется следующим образом:

определяется коэффициент поглощения каждой ограждающей поверхности: α_1 и α_2 – для торцовых стен, α_3 – для потолка, α_4 – для пола, α_5 – для стены, выходящей на фасад здания, α_6 – для противоположной стены;

вычисляются три значения $\alpha_{ср}$ по формулам

$$\alpha^1_{ср} = \frac{1}{S}\left[\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \frac{1}{2}\left(\alpha_3 S_3 + \alpha_4 S_4 + \alpha_5 S_5 + \alpha_6 S_6\right)\right], \quad (1)$$

$$\alpha^2_{ср} = \frac{1}{S}\left[\frac{1}{2}\left(\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2\right) + \alpha_3 S_3 + \alpha_4 S_4 + \alpha_5 S_5 + \alpha_6 S_6\right], \quad (2)$$

$$\alpha^3_{ср} = \frac{1}{S}\left(\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \alpha_4 S_4 + \alpha_5 S_5 + \alpha_6 S_6\right) \quad (3)$$

из трех полученных средних значений $\alpha_{ср}$ выбирается наименьшее – $\alpha'_{ср}$;

дополнительное звукопоглощение, вносимое различной аппаратурой, предметами мебели и т.п., учитывается при расчете $\alpha'_{ср}$ по формуле

$$\alpha''_{ср} = \alpha'_{ср} + \frac{1}{S}\sum_{j=1}^{m} A_j N_j . \qquad (4)$$

Добавочное звукопоглощение, вызванное щелями и отверстиями на внутренних поверхностях, гибкими элементами – панелями светильников и т.п., характеризуется $\alpha_{доб}$. Обычно коэффициент добавочного звукопоглощения $\alpha_{доб}$ принимается равным 0,09 на частоте 125 Гц и 0,05 на частотах 500–2000 Гц. В помещениях, где сильно выражены условия, вызывающие добавочное звукопоглощение, следует увеличивать эти значения на 30%. В помещениях, где эти условия слабо выражены, $\alpha_{доб}$ уменьшается примерно на 30%. С учетом добавочного звукопоглощения $\alpha_{ср}$ равно

$$\alpha_{ср} = \alpha''_{ср} + \alpha_{доб} , \qquad (5)$$

Время реверберации проектируемого помещения определяется по формуле

$$T = \frac{0{,}161\frac{V}{S}}{-\ln(1-\alpha_{ср}) + \frac{4mV}{S}} , \qquad (6)$$

где m – коэффициент затухания в воздухе (учитывается на частотах 1000, 2000 и 4000 Гц);

$$m_{1000} = 0{,}0004;\ m_{2000} = 0{,}0025;\ m_{4000} = 0{,}006.$$

Полученное время реверберации сравнивается с требуемым $T_{пр}$. Если расчетное время реверберации на частоте 1000 Гц не превышает $T_{пр}$, то аналогичный расчет проводится для частот 125, 250, 500, 2000, 5000 Гц.

Если на всех частотах расчетное значение времени реверберации не превышает $T_{пр}$, то помещение удовлетворяет акустическим требованиям и расчет на этом заканчивается.

Если же Т окажется выше величины $T_{пр}$, то определяется $\alpha^{тр}_{ср}$ – средний коэффициент звукопоглощения, удовлетворяющий предельному значению времени реверберации

$$\alpha_{ср}^{тр} = 1 - exp\left(\frac{4mV}{S} - \frac{0{,}161V}{T_{пр}S}\right). \qquad (7)$$

Определяется величина дополнительного звукопоглощения ΔA, которое необходимо обеспечить в помещении:

$$\Delta A = S\left(\alpha_{ср}^{тр} - \alpha_{ср}\right). \qquad (8)$$

Выбираются звукопоглощающие материалы или конструкции, обладающие наибольшим значением звукопоглощения α на тех частотах, на которых время реверберации (расчетное) наиболее отличается от предельного (типы звукопоглощающих материалов и конструкций приведены в приложении 4).

Следует обратить внимание на то, что дополнительный звукопоглотитель необходимо располагать равномерно по всем поверхностям помещения. Концентрация звукопоглощающих материалов на одной из поверхностей помещений, например, на потолке не дает ожидаемого результата.

Определяется площадь, которую необходимо закрыть выбранным материалом:

$$S' = \frac{\Delta A}{\alpha'}. \qquad (9)$$

Вновь по формулам (I-6) Пособия определяется время реверберации для акустически обработанного помещения и сравнивается с предельным. При несоответствии производится дополнительная корректировка за счет добавления звукопоглощающего материала.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВРЕМЕНИ РЕВЕРБЕРАЦИИ

Расчет времени реверберации для двухсветной зоны типового аэровокзала с пропускной способностью 200 пасс./ч

На рис. I представлен план двухсветной и односветной зон типового аэровокзала пропускной способностью 200 пасс/ч. Двухсветная зона имеет следующие геометрические размеры: длина L = 48 м, ширина B = I2 м, высота H = 6,6 м, объем V = 3800 м^3, общая площадь поверхностей S = I944 м^2.

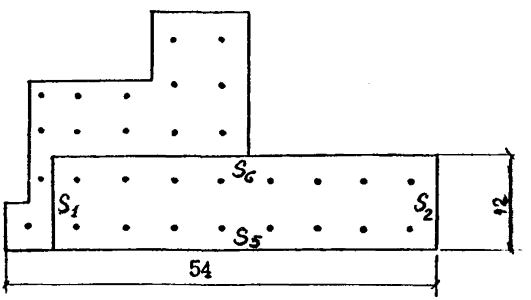


Рис. I. План расположения двухсветной и односветной зон в типовом аэровокзале с пропускной способностью 200 пасс./ч

Из графика (см. рис. 6 Пособия) определяем, что время реверберации должно быть не более $T_{пр}$ = I,00 с. При расчете времени реверберации необходимо учитывать, что помещение аэровокзала является несоразмерным, так как отношение $\frac{L}{H}$ = 7,3 превышает предельное значение для соразмерных помещений, равное 5.

Приближенный расчет T производится для $\int$ = I000 Гц. Акустическая обработка двухсветной зоны типового аэровокзала имеет вид:

витраж вдоль боковой и торцовой стен с коэффициентом звукопоглощения $\alpha_2 = \alpha_5 = 0{,}12$, площадь витража $S_5 = 316{,}8$ м^2, $S_2 = 79{,}2$ м;

гранитный пол с коэффициентом звукопоглощения $\alpha_4 = 0{,}01$, площадь пола $S_4 = 576$ м^2;

подвесной алюминиевый потолок с относом 60 см, коэффициент звукопоглощения которого равен $\alpha_3 = 0{,}14$, площадь потолка $S_3 = 576$ м^2;

часть торцовой стены площадью 72 м^2 выполнена из ракушечника с коэффициентом звукопоглощения 0,03. Оставшаяся часть торцовой стены имеет акустическую связь с соседними помещениями. Если соседние помещения акустически обработаны, то для приближенного расчета можно считать, что воздушный проем характеризуется коэффициентом поглощения, равным 0,17. Следовательно, средний коэффициент поглощения торцовой стены равен $\alpha_6 = 0{,}14$ ($S_6 = 316{,}8$ м^2);

акустическая обработка второй боковой стены аналогична обработке торцовой стены, коэффициент звукопоглощения $\alpha_1 = 0{,}14$ ($S_1 = 79{,}2$ м^2).

Средний коэффициент звукопоглощения вычисляется по формулам (I, 2, 3) приложения 6. Подставляя описанные выше значения α_i, S_i, S в (I, 2, 3) приложения 6, получим:

$$\alpha_{ср}^{1} = 0{,}05 \qquad \alpha_{ср}^{2} = 0{,}09 \qquad \alpha_{ср}^{3} = 0{,}10.$$

Выбираем $\alpha'_{ср} = \alpha_{ср}^{1} = 0{,}05$, $\alpha_{др6} = 0{,}07$. По формуле (5) приложения 6 определяем $\alpha_{ср}$: $\alpha_{ср} = 0{,}12$.

Время реверберации T определяется по формуле (6) приложения 6. Подставляя в (6) приложения 6 значения V, S и $\alpha_{ср}$, получим $T = 2{,}5$ с, что в 2,5 раза превосходит предельное значение времени реверберации $T_{пр}$.

Требуемый средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{ср}^{тр}$, который соответствует $T_{пр}$, определяется по формуле (7) приложения 6. В рассматриваемом случае $\alpha_{ср}^{тр} = 0{,}27$, требуемая эквивалентная площадь звукопоглощения – $A_{тр} = 524{,}9$ м^2, соответствующая дополнительная площадь звукопоглощения должна быть порядка 290 м^2.

Для достижения $T_{пр}$ предлагается следующая акустическая обработка помещения:

торцовые стены обрабатываются эффективным звукопоглощающим материалом – матами из супертонкого стекловолокна (ТУ 2I-0I-224-69), декорированными звукопрозрачной тканью и металлической сеткой ($\alpha_1 = \alpha_2$, см. табл. I);

подвесной потолок выполняется из гипсовых литых плит "Москва", коэффициент поглощения которых α_3 приведен в табл. I;

во избежание акустической связи с односветной зоной предлагается верхнюю часть боковой стены застеклить $\alpha_{ст}$, а колонны обработать акустической плиткой "Акмигран" $\alpha_{ак}$ (с относом I0 см от стены). Коэффициент поглощения этой стены будет равен $\alpha_6 = 0{,}9\alpha_{ст} + 0{,}I\alpha_{ак}$. Частотная характеристика α_6 приведена в табл. I;

20% поверхности пола следует занять мягкими креслами, обитыми кожей или кожезаменителем с коэффициентом звукопоглощения $\alpha_к$. 30 м^2 плоскости пола следует занять киосками. Условно коэффициент звукопоглощения киосков принят равным коэффициенту звукопоглощения деревянных дверей – $\alpha_д$. Оставшаяся часть поверхности пола выполняется из гранита $\alpha_{гр}$. Средний коэффициент поглощения пола равен

$$\alpha_4 = 0{,}2\alpha_к + 0{,}8\alpha_{гр} + 0{,}05\ (\alpha_д - \alpha_{гр}).$$

боковая стена, обращенная к фасаду здания, представляет собой витраж с коэффициентом поглощения α_5 ;

в двухсветной зоне находятся I8 колонн размером 0,6 х 0,6 х 6,6 м. Нижняя часть колонн (от пола до I,6 м) обрабатывается гранитом $\alpha_{гр}$, верхняя – акустическими плитками "Акмигран" без воздушного зазора $\alpha'_{ак}$. Средний коэффициент поглощения колонн равен $\alpha_7 = 0{,}24\,\alpha_{гр} + 0{,}76\,\alpha'_{ак}$. $S_7 = I42{,}5$ м^2;

необходимо учесть дополнительное поглощение $\alpha_{доб}$, вносимое осветительной аппаратурой, наличием различных щелей, отверстий, колебанием разнообразных гибких элементов и т.п.

В табл. I представлен расчет частотной характеристики времени реверберации при новой акустической обработке помещения по методике, изложенной в приложении 6.

Таблица I

Расчетные величины	Расчет частотной характеристики времени реверберации в октавных полосах частот для двухсветной зоны типового аэровокзала с пропускной способностью 200 пасс./ч, Гц					
	I25	250	500	I000	2000	4000
$\alpha_1=\alpha_2$	0,40	0,85	0,98	I,00	0,93	0,97
$A_1=A_2$	3I,68	67,32	77,62	79,20	73,66	76,82
α_3	0,26	0,74	0,79	0,6I	0,53	0,50
A_3	I49,76	426,24	455,04	35I,36	305,28	288,00
α_6	0,34	0,30	0,23	0,I7	0,I4	0,II
A_6	I07,7I	95,04	72,86	53,86	44,35	34,35
α_4	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
A_4	II,52	I7,28	23,04	23,04	23,04	28,80
α_5	0,35	0,25	0,I8	0,I2	0,07	0,04
A_5	II0,88	79,20	57,02	38,02	22,I8	I2,67
α_7	0,08	0,23	0,65	0,68	0,60	0,57
A_7	II,40	32,80	62,66	96,94	85,54	8I,59
$\alpha^1_{ср}$	0,I3	0,23	0,25	0,23	0,20	0,I9
$\alpha^2_{ср}$	0,22	0,37	0,38	0,33	0,29	0,27
$\alpha^3_{ср}$	0,23	0,40	0,42	0,37	0,32	0,36
$\alpha'_{ср}$	0,I3	0,23	0,25	0,23	0,20	0,I9
$\alpha_{доб}$	0,I2	0,09	0,07	0,07	0,07	0,09
$\alpha_{ср}$	0,25	0,32	0,32	0,30	0,27	0,28
$\frac{4mV}{S}\cdot 10^3$	-	-	-	3,I	I9,55	46,92
T	I,I0	0,80	0,80	0,85	0,95	0,85

В табл. I введены следующие обозначения: $A_i=\alpha_i S_i$.

Коэффициент поглощения $\alpha_{ср}$ и время реверберации T определяются с учетом несоразмерности рассматриваемого помещения.

Акустический расчет показывает, что отклонение от предельного значения на 10% наблюдается на частоте 125 Гц из-за несоразмерной формы помещения. Время реверберации в целом удовлетворяет требованиям.

Расчет времени реверберации для двухсветной зоны типового аэровокзала пропускной способностью 400 пасс./ч

На рис. 2 представлен план двухсветной и односветной зон типового аэровокзала пропускной способностью 400 пасс/ч. Двухсветная зона имеет следующие геометрические размеры: длина L = 66 м, ширина B = 12 м, высота H = 6,6 м, объем V = 5227 м^3, общая площадь поверхностей S = 2614 м^2.

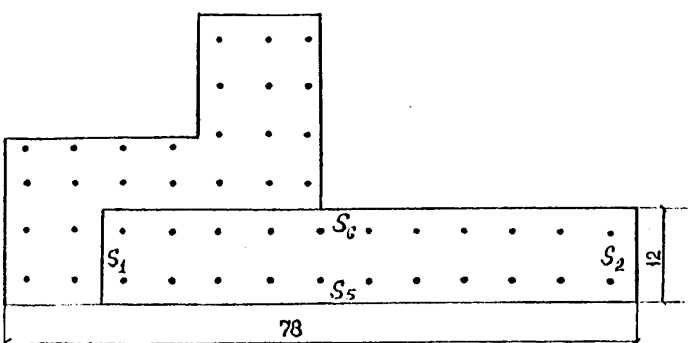


Рис. 2. План расположения двухсветной и односветной зон в типовом аэровокзале с пропускной способностью 400 пасс./ч

Из графика на рис. 6 Пособия определяем, что время реверберации не должно превышать 1,1 с. Рассматриваемое помещение является несоразмерным, так как отношение $\frac{L}{H}$ = 10 превышает предельное значение для соразмерных помещений 5. Средний коэффициент поглощения $\alpha_{ср}$ для типичной обработки двухсветной зоны, рассмотренной в примере 1, на частоте 1000 Гц вычисляется по формулам (1, 2, 3) приложения 6. При

этом площади ограничивающих помещение поверхностей равны: $S_1 = S_2 = 79{,}2$ м^2, $S_3 = S_4 = 792$ м^2, $S_5 = S_6 = 435{,}6$ м^2, $S_7 = 174$ м^2. Средние коэффициенты поглощения равны: $\alpha^1_{ср} = 0{,}05$, $\alpha^2_{ср} = 0{,}09$, $\alpha^3_{ср} = 0{,}09$.

Средний коэффициент поглощения для типичной обработки двухсветной зоны равен $\alpha_{ср} = 0{,}05 + 0{,}07 = 0{,}12$. При этом время реверберации равно 2,50 с, что в 2 раза превосходит предельно допустимое значение $T_{пр}$.

Требуемый средний коэффициент поглощения равен $\alpha^{тр}_{ср} = 0{,}25$, требуемая эквивалентная площадь звукопоглощения – $A_{тр} = 653$ м^2, соответствующая дополнительная площадь звукопоглощения должны быть порядка 340 м^2.

Рассмотрим акустическую обработку помещения, аналогичную акустической обработке, приведенной в примере I. Расчет частотной характеристики времени реверберации для такой обработки представлен в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что время реверберации не превышает требуемого значения I,I с на всех частотах.

Расчет времени реверберации для односветной зоны типового аэровокзала пропускной способностью 400 пасс./ч

План односветной зоны представлен на рис. 2. Основные геометрические размеры: высота $H = 3$ м, объем $V = 2160$ м^3, общая площадь поверхностей $S = 2052$ м^2.

Таблица 2

Расчетные величины	Расчет частотной характеристики времени реверберации для двухсветной зоны типового аэровокзала с пропускной способностью 400 пасс./ч в октавных полосах частот, Гц					
	I25	250	500	I000	2000	4000
$A_I=A_2$, м^2	3I,68	67,32	77,62	79,20	73,66	76,82
A_3, м^2	205,92	586,08	625,68	483,I2	4I9,76	396,00
A_4, м^2	I5,84	23,76	3I,68	3I,68	3I,68	39,60
A_5, м^2	I52,46	I08,90	78,4I	52,27	30,49	I7,42
A_6, м^2	I48,I0	I30,68	I00,I9	74,05	60,98	47,92
A_7, м^2	I3,92	40,02	II3,I0	II8,32	I04,40	99,I8
$\alpha^1_{ср}$	0,I3	0,22	0,24	0,20	0,I8	0,I7
$\alpha^2_{ср}$	0,22	0,37	0,39	0,32	0,28	0,26
$\alpha^3_{ср}$	0,23	0,39	0,42	0,35	0,30	0,29
$\alpha'_{ср}$	0,I3	0,22	0,24	0,20	0,I8	0,I7
$\alpha_{доб}$	0,I2	0,09	0,07	0,07	0,07	0,09
$\alpha_{ср}$	0,25	0,3I	0,3I	0,27	0,25	0,26
$\frac{4mV}{S}\cdot10^3$	-	-	-	3,2	20,0	48,0
T, с	I,I0	0,85	0,85	I,00	I,05	0,90

Из графика на рис. 6 определяем оптимальное время реверберации помещения $T_{пр}$ = 0,95 с. Рассматриваемое помещение имеет сложную форму, его можно представить в виде трех связанных прямоугольных помещений. Однако для приближенного расчета рассматриваем односветную зону как единое помещение. Типичная акустическая обработка односветной зоны имеет следующий вид:

подвесной алюминиевый потолок с относом 60 см, коэффициент поглощения которого в области частот I000 Гц равен α_1 = 0,I4, площадь потолка 720 м^2;

гранитный пол α_2 =0,0I, площадь пола 720 м^2;
витраж α_3 = 0,I2, площадь 8I м^2;
стены имеют 56 дверей, общая площадь которых I40 м^2, α_4= 0,08;

нижняя часть стен до высоты I,6 м от пола обработана гранитом α_5 = 0,0I, S = 26,7 м^2; верхняя часть стен выполнена из ракушечника α_6 = 0,03, S = 85 м^2;

односветная зона акустически отделена от двусветной зоны стеклянной перегородкой и колоннами, обработанными акустической плиткой "Акмигран" (с относом I0 см), в этом случае средний коэффициент поглощения равен $\alpha_э$ =0,92$\alpha_{ст}$ + + 0,08$\alpha_{ак}$ = 0,I4, S =II7 м^2;

добавочное поглощение учитывается с помощью коэффициента поглощения $\alpha_{доб}$ = 0,05, $A_{доб}$= I02,6 м^2.

Средний коэффициент поглощения вычисляется по формуле (4) Пособия, $\alpha_{ср}$ = 0,I2. Для приближенной оценки времени реверберации T используем формулу (6) приложения 6. Величина времени реверберации в этом случае равна I,30 с.

Время реверберации односветной зоны не должно превышать 0,95 с. Требуемый коэффициент поглощения $\alpha^{тр}_{ср}$ вычисляется по формуле (7) приложения 6, $\alpha^{тр}_{ср}$ = 0,I65. Для достижения $T_{пр}$ необходимо внести 90 м^2 дополнительного звукопоглощения. С этой целью изменим акустическую обработку потолка – на 40% его площади равномерно заменим алюминий на гипсовые литые плиты "Москва", характеризуемые коэффициентом поглощения $\alpha^{п}_{1}$. Кроме этого, из эстетических соображений необходимо заменить ракушечник на акустическую плитку "Акмигран" по аналогии с двухсветной зоной.

Расчет частотной характеристики времени реверберации представлен в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что значения T меньше $T_{пр}$ на всех частотах. Следовательно, акустическая обработка выбрана правильно.

Таблица 3

Расчетные величины	Расчет частотной характеристики времени реверберации для односвстной зоны типового аэровокзала с пропускной способностью 400 пасс./ч в октавных полосах частот, Гц					
	I25	250	500	I000	2000	4000
α_1	0,I4	0,I4	0,I4	0,I4	0,I4	0,I4
A_I, м^2	60,48	60,48	60,48	60,48	60,48	60,48
α_2	0,0I	0,0I	0,0I	0,0I	0,0I	0,02
A_2, м^2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	I4,4
α_3	0,35	0,25	0,I8	0,I2	0,07	0,04
A_3, м^2	28,35	20,25	I4,60	9,70	5,70	3,20
α_4	0,I0	0,II	0,I0	0,08	0,08	0,II
A_4, м^2	I4,00	I5,40	I4,00	II,20	II,20	I5,40
α_5	0,0I	0,0I	0,0I	0,0I	0,0I	0,02
A_5, м^2	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,54
α_6	0,29	0,70	0,68	0,68	0,75	0,74
A_6, м^2	24,65	59,50	57,80	57,80	63,75	62,90
α_7	0,35	0,29	0,22	0,I6	0,I2	0,08
A_7, м^2	40,95	33,93	25,74	I8,72	I4,04	9,36
α_1^n	0,26	0,74	0,79	0,6I	0,53	0,50
A_I, м^2	74,88	2I3,I2	227,52	I75,68	I52,68	I44,00
$\alpha_{доб}$	0,09	0,07	0,05	0,05	0,05	0,07
$A_{доб.}$, м^2	I84,70	I43,60	I02,60	I02,60	I02,60	I43,60
A_Σ, м^2	435,5	553,8	5I0,2	443,7	4I7,9	453,9
$\alpha_{ср}$	0,2I	0,27	0,25	0,22	0,20	0,22
$\frac{4mV}{S} \cdot 10^3$	–	–	–	I,76	II,I0	26,64
T, с	0,70	0,55	0,60	0,70	0,70	0,60

Приложение 8

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Расчет систем оповещения и передачи информации включает предварительный выбор типа системы озвучения, определение ее мощности, неравномерности поля уровней прямого звука, разборчивости речи и проверку на отсутствие эха.

Расчет ведется с учетом назначения помещения, режимов эксплуатации, формы и размеров помещения, а также его акустических характеристик (времени реверберации и спектрального уровня шумов).

Предварительный выбор типа системы озвучения

Предварительно рассматривается целесообразность применения одного из трех основных типов систем озвучения:

сосредоточенных (централизованных) систем, в которых все источники звука собраны в одном месте;

зональных систем, в которых озвучиваемая поверхность разделяется на отдельные зоны, обслуживаемые централизованными источниками звука;

распределенных систем, в которых поверхность озвучивается линейными цепочками громкоговорителей или громкоговорителями, размещенными в узлах прямоугольной решетки.

При выборе типа системы передачи информации следует иметь в виду, что распределенные системы имеют наименьшую неравномерность звукового поля и применяются при озвучении больших пространств. Сосредоточенные системы могут применяться в тех случаях, когда имеется возможность поднять громкоговоритель на достаточную высоту.

Вопрос о выборе конкретного типа системы озвучения должен решаться на основе акустического расчета с учетом требований эксплуатации. Окончательный вариант расположения громкоговорителей в помещениях выбирается из расчета слоговой разборчивости так, чтобы ее величина была максимальной.

На открытых пространствах основным требованием является создание достаточного уровня звукового давления с равномерным распределением звука по озвучиваемой поверхности.

Методика расчета систем оповещения и передачи информации в закрытых помещениях

Акустический расчет систем оповещения и передачи информации в закрытом помещении следует начинать с определения времени реверберации и уровня окружающего шума. При проведении предварительного акустического расчета обычно определяют величину времени реверберации в октавной полосе 1000 Гц (см. приложение 7). Уровень стационарного шума определяется по разд. 5 Пособия. Исходя из особенностей озвучиваемой территории или помещения, выбирается тот или иной тип системы озвучения и размещение громкоговорителей.

Расчет системы озвучения необходимо начинать с определения величины радиуса гулкости по формуле

$$r_{гул} = 0{,}05657\sqrt{\frac{V\Omega}{T}}, \qquad (1)$$

где V – объем озвучиваемого помещения, м^3;

Ω – коэффициент осевой концентрации предполагаемого типа громкоговорителей;

T – ожидаемое время реверберации, с.

Затем рассчитывается необходимая электрическая мощность системы. Если расстояния от источника звука до озвучиваемой поверхности вдоль акустической оси меньше $r_{гул}$, то величина необходимой электрической мощности определяется после расчета поля уровней прямого звука и его неравномерности.

В противоположных случаях акустическая $W_{ак}$ и электрическая мощность $W_{эл}$ определяются из следующих расчетов:

$$W_{ак} = \frac{0{,}161\,V}{4T}\cdot 10^{0{,}1N_{тр}-12},$$
$$W_{эл} = W_{ак}\cdot\frac{100}{\eta}, \qquad (2)$$

где $N_{тр}$ – требуемый уровень звукового давления на озвучиваемой поверхности;

η – к.п.д. громкоговорителя.

При проектировании помещений аэровокзалов необходимо стремиться к тому, чтобы выполнялось соотношение $r < r_{гул}$, где r – расстояние между акустическим центром и точкой упора (рис. I).

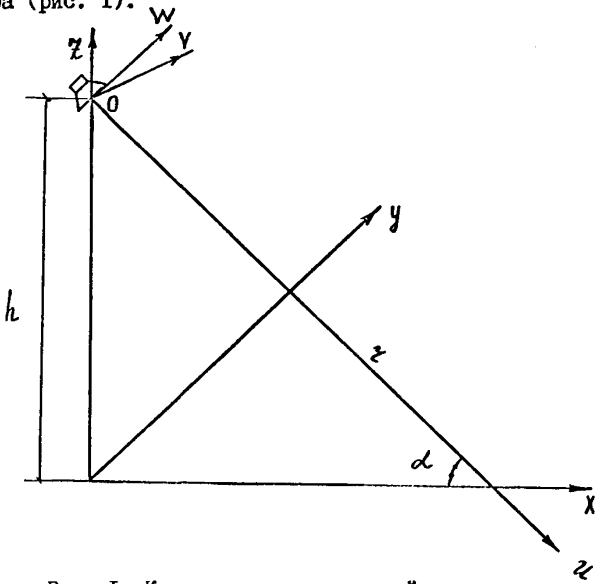


Рис. I. К расчету поля уровней прямого звука:
h – высота акустического центра излучающего устройства (с учетом среднего роста человека $H = 1{,}6$ м)

Расчет поля уровней прямого звука (квадрата звукового давления ρ^2) для звуковых колонок производится с учетом того, что диаграмма направленности колонки может быть аппроксимирована неравноосным эллипсоидом вращения. Зная эксцентриситеты эллипсов, аппроксимирующих характеристику направленности в вертикальной $e_в$ и в горизонтальной $e_г$ плоскостях, можно составить уравнения соответствующих эллипсоидов и найти неравномерность уровней на этой площади.

Уровень звукового давления в этой точке, создаваемый при подведении к громкоговорителю мощности P, равен:

$$N = 20\lg p_{ст} - 20\lg r + 10\lg P + 104, \text{ дБ}, \quad (3)$$

где $p_{ст}$ – среднее стандартное звуковое давление, Па (см. приложение 10).

Если из расчета будет следовать, что N меньше $N_{тр}$, то следует рассмотреть вариант использования других типов громкоговорителей.

Неравномерность поля уровней прямого звука ΔN для некоторых конкретных вариантов размещения громкоговорителей определяется по следующим формулам:

цепочка потолочных громкоговорителей (колонок) с шагом b при озвучении коридора, шириной l:

$$\Delta N = 10\lg\left[1 + \frac{l^2}{4h^2(1-e_г^2)} + \frac{b^2}{4h^2(1-e_в^2)}\right] - 3, \text{ дБ}, \quad (4)$$

потолочная система громкоговорителей (колонки и рупора), расположенных в узлах решетки, размером $b \times b$:

$$\Delta N = 10\lg\left[1 + \frac{b^2}{4h^2}\left(\frac{1}{1-e_г^2} + \frac{1}{1-e_в^2}\right)\right] - 6, \text{ дБ}, \quad (5)$$

цепочка громкоговорителей с шагом b, расположенная на боковой стене на высоте h в случае, когда акустические оси параллельны поверхности поля:

$$\Delta N = 10\lg\left[1 + \frac{a^2}{h^2}(1-e_в^2)\right], \text{ дБ}, \quad (6)$$

где a – ширина озвучиваемого помещения;

цепочка громкоговорителей с шагом b, расположенная на боковой стене на высоте h в случае, когда акустические оси наклонены под углом α:

$$\Delta N = 10 \lg \left\{ \frac{1 + \frac{tg^2 \alpha}{1 - e_в^2}}{\frac{1}{1 - e_в^2}(tg^2 \alpha + 1)} \left[\left(\frac{a}{h} - tg\,\alpha \right)^2 + \frac{1}{1 - e_в^2} \left(\frac{a}{h} tg\,\alpha - 1 \right)^2 \right] \right\} \quad (7)$$

цепочка рупорных громкоговорителей с шагом a, расположенная на высоте h от озвучиваемой поверхности при условии, что акустические оси параллельны озвучиваемой поверхности, ширина озвучиваемой площадки ℓ, максимум находится в центре площадки:

$$\Delta N = 20 \lg \left\{ 1 - \frac{\ell \sqrt{1 - e_в^2}}{2h} + \frac{1}{1 - \frac{\ell}{2h}\sqrt{1 - e_в^2}} \left[1 + \frac{a^2 (1 - e_в^2)}{2h^2 (1 - e_г^2)} \right] \right\} g \quad (8)$$

Если расчетное значение ΔN будет превышать допустимые значения, необходимо рассмотреть другой вариант расположения громкоговорителей.

Расчет слоговой разборчивости речи осуществляется через фактор Q, который определяется отношением полезной части плотности звуковой энергии к плотности энергии мешающего звука. К полезной части плотности звуковой энергии относится плотность энергии прямого звука и плотность энергии, приходящей в течение первых 50 мс после выключения сигнала. Мешающая часть плотности звуковой энергии складывается из плотности звуковой энергии проникающих шумов и плотности энергии сигнала, проходящей к слушателю в течение всего времени после его выключения (за исключением первых 50 мс).

Для приближенной оценки фактора Q используется формула

$$Q = \left(T + \frac{13{,}8 \Omega V}{4 \pi r^2 N c} \right) e^{\frac{0{,}69}{T}} - T, \quad (9)$$

где c – скорость звука в воздухе, 340 м/с;

r – расстояние от излучателя до озвучиваемой поверхности, м;

N – количество однотипных громкоговорителей;

Ω – коэффициент осевой концентрации громкоговорителя;

V – объем помещения, м^3;

T – время реверберации, с.

Связь фактора Q и слоговой разборчивости V приведена на рис. 2.

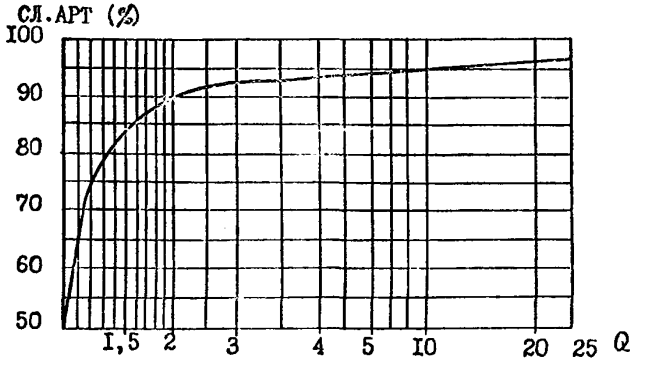


Рис. 2. График зависимости слоговой разборчивости от фактора

Если из расчетов будет следовать, что фактор $Q > 1{,}2$, то процент слоговой разборчивости составит более 75%, что является удовлетворительным для закрытых помещений.

Примечание. Для частного случая расположения громкоговорителей на потолке с высотой 6,6 м и 3 м вместо расчета по формуле (9) разборчивость можно определить по номограммам на рис. 3 и 4.

Проверка на отсутствие эха производится, если применяются зональные или распределенные системы озвучения.

В каждой из контрольных точек на озвучиваемой поверхности определяются уровни звукового давления, создаваемые ближайшим громкоговорителем и соседним с ним. Затем вычисляются разность этих уровней ΔN и запаздывание звука соседнего громкоговорителя Δt по отношению к ближайшему. При заданном запаздывании Δt величина ΔN не должна превышать значений, приведенных на рис. 5.

При равномерном расположении громкоговорителей достаточно провести указанную проверку для одной точки озвучиваемой поверхности. При неравномерном размещении громкоговорителей необходимо рассмотреть несколько типичных точек на озвучиваемой поверхности.

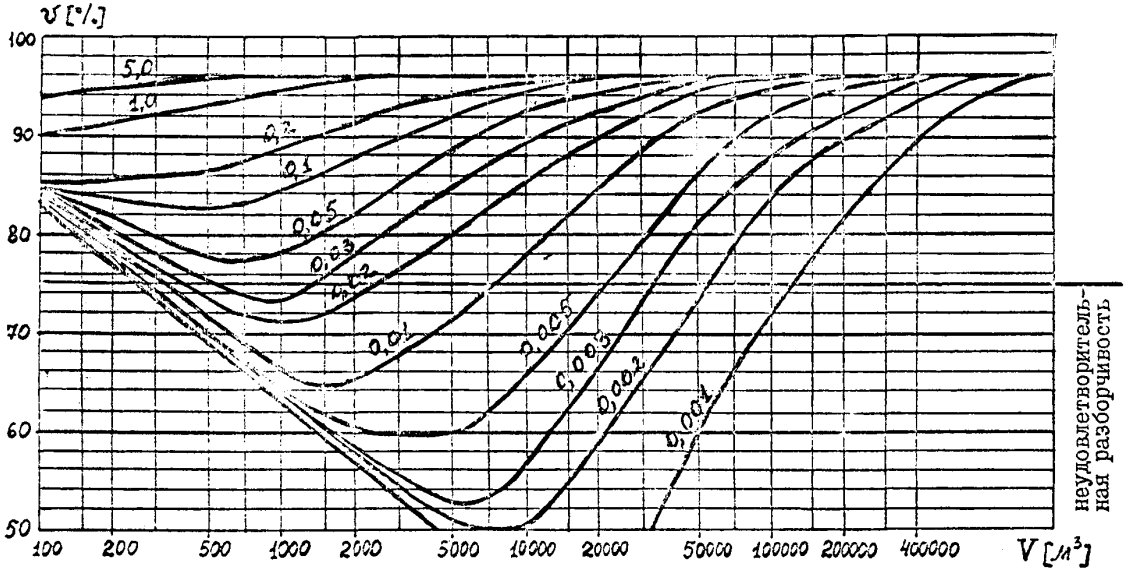


Рис. 3. Номограмма для вычисления процента слоговой разборчивости υ в помещении высотой 3 м в зависимости от объема V и отношения $\frac{\Omega}{N}$ при оптимальном времени реверберации

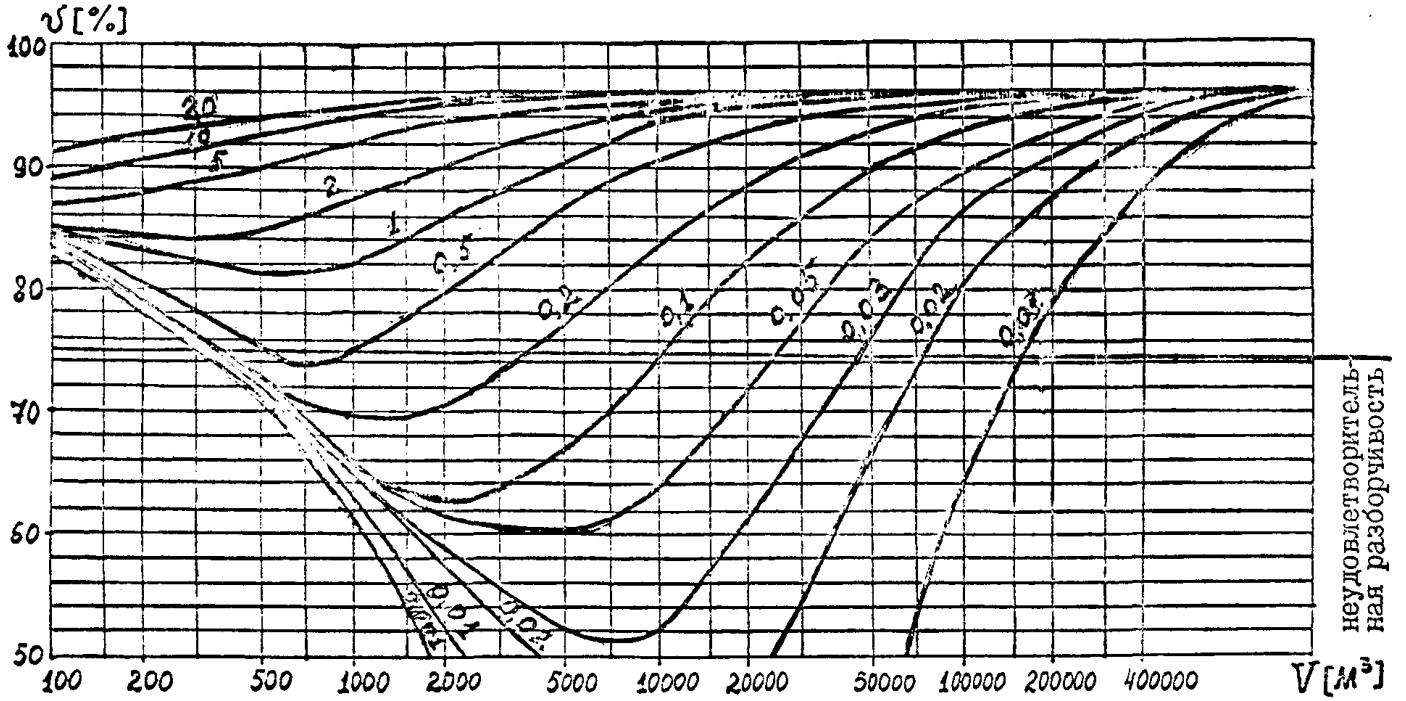


Рис. 4. Номограмма для вычисления процента слоговой разборчивости υ в помещениях высотой 6,6 м в зависимости от объема V и отношения $\frac{\Omega}{N}$ при оптимальном временк реверберации

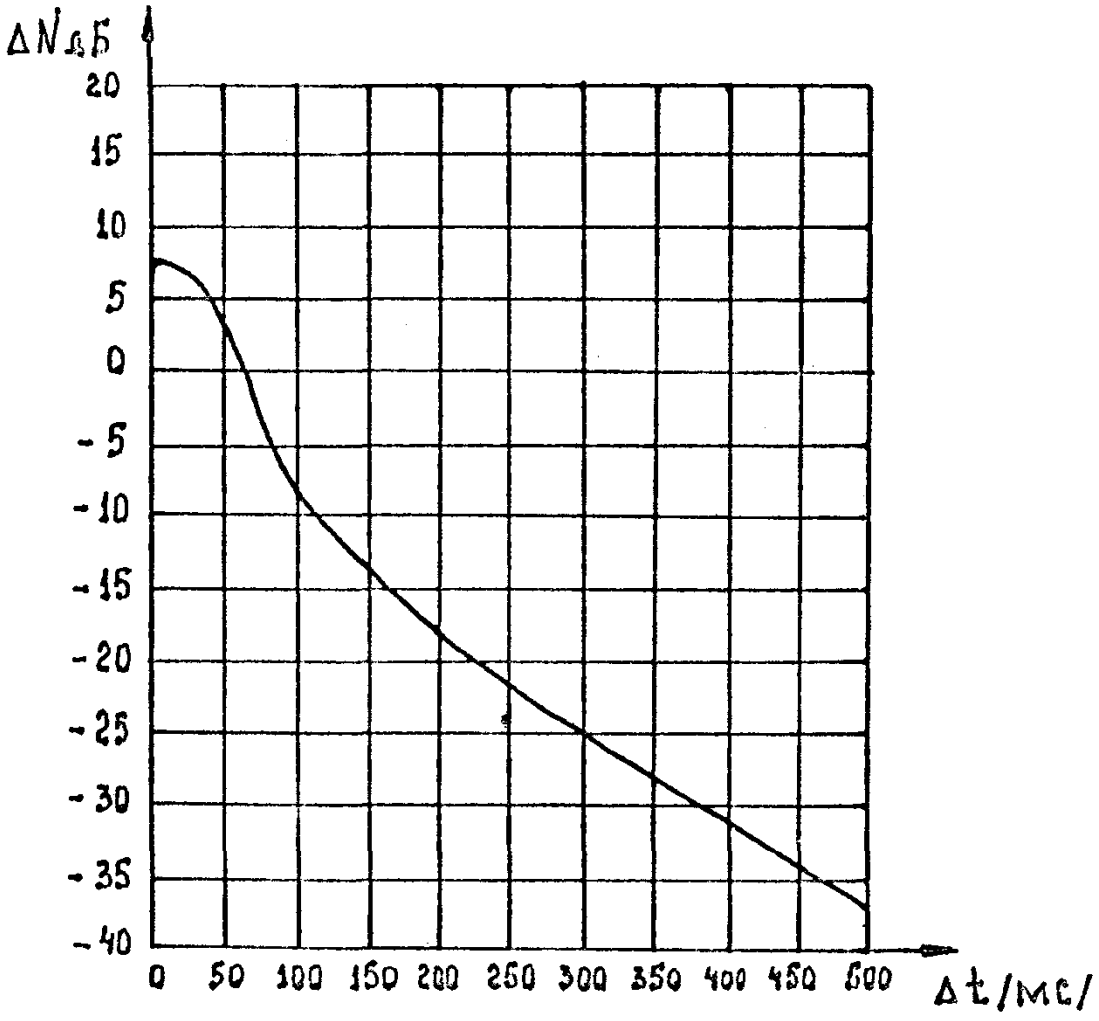


Рис. 5. Порог заметности эха

Δt для ряда типичных схем размещения громкоговорителей и характерных контрольных точек вычисляется по формуле

$$\Delta t = \frac{1}{c}\left[\sqrt{b^2+h^2} - h\right] \cdot 1000 \ , \ мс \qquad (10)$$

ΔN вычисляется для каждой типичной схемы по формулам:

для цепочки потолочных громкоговорителей (колонок) с шагом b :

$$\Delta N = -10 lg\left[1 + \frac{b^2}{h^2} \cdot \frac{1}{1-e_a^2}\right] \ , \ дБ \qquad (11)$$

для цепочки громкоговорителей (колонок), расположенной на высоте h , с акустическими осями, параллельными плоскости пола, с шагом b :

$$\Delta N = -10 lg\left[1 + \frac{b^2}{h^2} \cdot \frac{1-e_в^2}{1-e_г^2}\right] \ , \ дБ \qquad (12)$$

для цепочки громкоговорителей (колонок) с шагом b , акустические оси которых наклонены под углом α к горизонтали:

$$\Delta N = -10 lg\left[1 + \frac{b}{h} \cdot \frac{1+tg^2\alpha}{(1-e_г^2)\left(tg^2\alpha + \frac{1}{1-e_a^2}\right)}\right], \ дБ \qquad (13)$$

Если вычисленное значение ΔN превысит значения кривой на рис. 5, то необходимо рассмотреть вариант расположения громкоговорителей с меньшим шагом.

Особенности озвучения открытых пространств

Акустический расчет систем передачи информации в открытом пространстве производится по формулам (1–8), (10–13) настоящего приложения с учетом соответствующих требований раздела 7.

При расчете разборчивости речи на открытых пространствах следует учитывать разность уровней прямого звука и уровня окружающего шума. Из-за больших значений уровня окружаю-

щего шума требования к разборчивости речи снижаются. Слоговая разборчивость не должна быть ниже 66%. Расчет слоговой разборчивости ведется по формуле

$$\mathcal{V} = 96 \cdot K_c \quad , \%, \qquad (14)$$

где K_c - коэффициент, зависящий от отношения сигнал/шум.

Номограмма для определения коэффициента K_c в зависимости от уровня сигнала и уровня шума приведена на рис. 6.

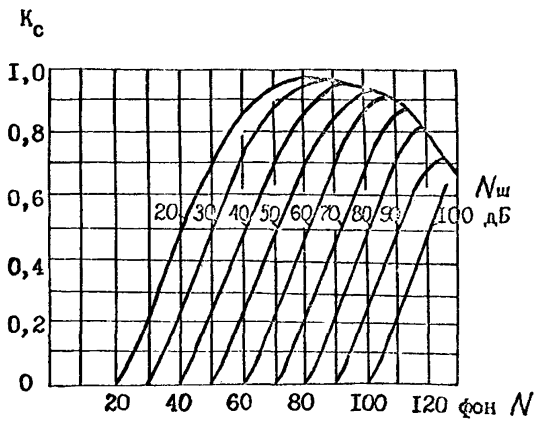


Рис. 6. Номограмма для определения коэффициента в зависимости от уровня звукового сигнала и уровня шума

Если снижение слоговой разборчивости окажется ниже 66%, то следует рассмотреть другие типы и другую схему расположения громкоговорителей или принять меры к снижению уровня окружающего шума.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Пример I

Расчет системы передачи информации для двухсветной зоны типового аэровокзала с пропускной способностью 200 пасс./ч

На рис. I приложения 7 представлен план двухсветной и односветных зон типового аэровокзала с пропускной способностью 200 пасс./ч. Двухсветная зона имеет размеры: длина L = 48 м, ширина B = I2 м, высота H = 6,6 м, объем V = = 3800 м^3.

Расчетное время реверберации равно T = I,00 с (см. приложение 7). Допустимый уровень стационарного шума - 55 дБА.

В двухсветной зоне предполагается использование распределенной системы озвучения. Рассмотрим потолочную систему расположения громкоговорителей. Расчет выполняется по методике, изложенной в приложении 8.

Определение радиуса гулкости $\gamma_{гул}$

Радиус гулкости определяется по формуле (I) приложения 8. В рассматриваемом помещении предполагается использование звуковых колонок I5КЗ-I с коэффициентом осевой концентрации Ω = 9,7. При T = I,00 с величина радиуса гулкости равна II м. Условие $\gamma < \gamma_{гул}$ будет выполняться при использовании потолочной системы расположения громкоговорителей.

Расчет поля уровней прямого звука и его неравномерности

Потолочная система озвучения создает максимальный уровень звукового давления в точке, расположенной непосредст-

венно под акустическим центром колонки. Уровень максимального звукового давления N_{max} вычисляется по формуле (3) приложения 8.

Звуковые колонки I5КЗ-I используются как 5 Вт излучатели. $p_{ст}$ = 0,6 Па, h = 6,6-I,6 = 5 м. Из соотношения (3) приложения 8 получим N_{max} = 92,5 дБ. Эта величина соответствует требованиям раздела 7 к максимальному уровню.

Неравномерность поля уровней прямого звука при потолочной системе озвучения вычисляется по формуле (5) приложения 8. Эксцентриситеты звуковой колонки I5КЗ-I равны: $e_в$ = 0,99, $e_г$ = 0,94. При шаге решетки 6 м получим, что ΔN = 7,5 дБ, $N_{ср}$ = 89 дБ. Следует обратить внимание на то, что ΔN = 7,5 дБ превышает допустимое значение 6 дБ.

Таким образом, из расчета следует необходимость рассмотрения других вариантов расположения громкоговорителей. Логично рассмотреть вариант с более частым расположением громкоговорителей, например, с шагом решетки в 5 м. В рассматриваемом помещении такой шаг, однако, невозможен из-за ряда технических трудностей. Для снижения неравномерности звукового поля можно изменить высоту подвеса громкоговорителей (до 3,6 м над уровнем пола) и их количество. В каждой ячейке размером 6 м х 6 м установить 4 колонки таким образом, чтобы каждая из них озвучивала площадку размером 3 м х 3 м. При этом мощность колонок также может быть снижена. Колонки I5КЗ-I можно заменить колонками 2К 3-7, которые имеют следующие параметры: Ω = 3,8, p_1 = 2,3 Па, $e_в$ = 0,98, $e_г$ = 0,43.

Расчет неравномерности поля уровней прямого звука по формуле (5) приложения 8 для такой системы показывает, что ΔN будет равно 6 дБ. Максимальный уровень звукового давления прямого звука на озвучиваемой поверхности вычисляется по формуле (3) приложения 8, он равен 95 дБ. Следовательно, средний уровень прямого звука на озвучиваемой поверхности 92 дБ, что превышает требуемый уровень на 6 дБ, звуковые колонки 2КЗ-7 фактически будут работать при I/4 номинальной мощности.

Расчет слоговой разборчивости речи

Процент слоговой разборчивости определяется по формуле (9) приложения 8 и графику на рис. 2 приложения 8. В рассматриваемом варианте N = 64, Ω = 3,8, γ = 3,6 м, T = I с.

Подставляя эти значения в (9) приложения 8, получаем Q = I,4. Из графика рис. 2 приложения 8 видно, что этому значению соответствует слоговая разборчивость, равная 83%, что удовлетворяет требованиям.

Проверка на отсутствие эффектов типа "эхо"

Расчет Δt и ΔN производится по формулам (I0) и (II) приложения 8, из которых находим, что Δt = 5 мс, ΔN = I7,5 дБ. Сопоставляем полученные данные с кривой на рис. 5 приложения 8. Эффект "эхо" отсутствует.

Электрическая мощность системы озвучения двухсветной зоны равна I30 Вт.

Таким образом, выбранные варианты обработки зала и системы озвучения полностью удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Пример 2

Расчет системы передачи информации для двухсветной зоны типового аэровокзала с пропускной способностью 400 пасс./ч

На рис. 3 приложения 7 представлен план двухсветной и односветной зон типового аэровокзала с пропускной способностью 400 пасс./ч. Двухсветная зона имеет следующие геометрические размеры: длина L = 66 м, ширина B = I2 м, высота H = 6,6 м, объем V = 5227 м^3.

Расчетная величина времени реверберации равна T=I,I с (см. приложение 7). Уровень стационарного шума не превышает 55 дБА.

В двухсветной зоне предполагается использование потолочной системы расположения громкоговорителей, Расчет выполняется в соответствии с методикой, изложенной в приложении 8.

Расчет радиуса гулкости $r_{гул}$

$r_{гул}$ вычисляется по формуле (I) приложения 8. Предполагается использование звуковых колонок I5КЗ-I с Ω = 9,7. В этом случае величина $r_{гул}$ равна I2 м. При использовании потолочной системы расположения громкоговорителей выполняется условие $r < r_{гул}$

Расчет поля уровней прямого звука и его неравномерности

Поскольку высота помещения и тип звуковых колонок те же, что и в предыдущем примере, расчет этих параметров полностью повторяет расчет N_{max} и ΔN в примере I.

Расчет слоговой разборчивости речи

В рассматриваемом варианте количество излучателей равно N = 88. Фактор Q, определяемый по формуле (9) приложения 8 равен I,3. Из графика на рис. 2 приложения 8 находим значение слоговой разборчивости. Оно равно 8I%, что соответствует требованиям.

Проверка на отсутствие "эхо"

Расчет этого параметра аналогичен расчету Δt и ΔN в предыдущем примере. Эффект "эхо" отсутствует.

Электрическая мощность системы озвучения двухсветной зоны равна I80 Вт.

Таким образом, выбранные варианты обработки зала и системы озвучения полностью удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Пример 3

Расчет системы передачи информации для односветной зоны типового аэровокзала с пропускной способностью 400 пасс./ч

План односветной зоны типового аэровокзала с пропускной способностью 400 пасс./ч приведен на рис. 3 приложения 7. Основные геометрические размеры односветной зоны: высота H = 3 м, объем V = 2160 м^3.

Расчетное значение времени реверберации равно T=0,8 с (см. приложение 7). Уровень стационарного шума не превышает 55 дБА.

В односветной зоне предполагается использование распределенной потолочной системы расположения громкоговорителей. Расчет выполняется в соответствии с методикой, изложенной в приложении 8.

Определение радиуса гулкости $r_{гул}$

Величина $r_{гул}$ вычисляется по формуле (I) приложения 8. В односветной зоне предполагается использование звуковых колонок 2КЗ-7 с Ω = 3,8 ; $r_{гул}$ при T = 0,8 с равен 5,7 м. При использовании потолочной системы условие $r < r_{гул}$ выполняется.

Расчет поля уровней прямого звука и его неравномерности

Рассмотрим потолочную систему расположения громкоговорителей. Максимальный уровень звукового давления, вычисляемый по формуле (3) приложения 8 будет равен 98 дБ. При шаге решетки 6 м неравномерность поля уровней прямого звука, определяемая по формуле (5) приложения 8, равна I5 дБ, при шаге решетки 3 м – 9 дБ, при шаге 2 м – 5,6 дБ. Средний уровень прямого звука при шаге решетки 2 м равен 95 дБ. Последний вариант удовлетворяет требованиям.

Расчет слоговой разборчивости речи

Общее количество излучателей потолочной системы расположения громкоговорителей (с шагом 2 м) в односветной зоне равно N = I68. Расчет фактора Q производится по формуле (9) приложения 8 для T = 0,8 с, величина фактора Q равна I,28. Это соответствует слоговой разборчивости 80% (см. рис. 2 приложения 8). Величина слоговой разборчивости, равная 80%, удовлетворяет требованиям.

Проверка на отсутствие "эхо"

Расчет по формулам (I0) и (II) приложения 8 показывает, что Δt = 3 мс, ΔN = -20 дБ. Эффект "эхо" отсутствует.

Электрическая мощность выбранной системы озвучения равна 350 Вт.

Выбранный вариант акустической обработки односветной зоны и потолочной системы озвучения удовлетворяет предъявляемым к ним требованиям.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ, НЕОБХОДИМЫЕ В ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ [x]

Громкоговорители	Мощность, Вт	Среднее стандартное звуковое давление, Па	Эксцентриситеты		Коэффициент осевой концентрации Ω на 1000 Гц
			$\varepsilon_г$	$\varepsilon_в$	
Звуковые колонки:					
2К3	2	0,45	0,5	0,95	5,0
К3	2, 4, 8	0,35	0,71	0,973	10,0
10К31 и 2	10,5,2,5	0,25	0,9	0,97	15,8
25К31 и 2	25, 125, 625	0,25	0,9	0,976	16,8
25К35 и 6	25, 12,5	0,5	0,92	0,977	16,5
50К31 и 2	50, 25, 12,5	0,25	0,9	0,979	17,0
100К31 и 2	100	0,6	0,91	0,981	17,0
50К3 3	50, 25	0,9	0,93	0,983	18,5
Рупорные громкоговорители:					
25ГРД1	25	0,7	0,77	0,945	19,5
50ГРД1	50	0,7	0,77	0,945	19,5
100ГРД1	100	1,5	0,77	0,77	19,5
10ГРД5	10	1,5	0,77	0,77	10

Для громкоговорителей, электрическая мощность которых меньше 5 Вт, ориентировочное значение к.п.д. равно 0,1%.

Для громкоговорителей, мощность которых больше 5 Вт – 0,3%.

x) По данным В.К. Иофе, В.Г. Королькова, М.А. Капоткова "Справочник по акустике", М., "Связь", 1979.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП П-12-77 "Защита от шума". М., Строиздат, 1978.

2. Руководство по расчету и проектированию звукоизоляции ограждающих конструкций зданий. М., Стройиздат, 1983.

3. Рекомендации по расчету и проектированию звукопоглощающих облицовок. М., Стройиздат, 1984.

4. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения в промышленных зданиях. М., Стройиздат, 1982.

5. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения вентиляционных установок. М., Стройиздат, 1982.

6. Рекомендации по установлению зон ограничения жилой застройки в окрестностях аэропортов гражданской авиации из условий шума. М., Стройиздат, 1987.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общие положения 3

2. Основные мероприятия по защите от авиационного шума и акустическому благоустройству и порядок их проектирования 3

3. Размещение зданий на территории аэропорта. Внутренняя планировка зданий 4

4. Нормы допустимого шума 7

5. Расчет ожидаемых уровней и спектров авиационного шума на территории. Выбор и конструкция наружного ограждения здания 10

6. Акустическая обработка помещений 22

7. Системы оповещения и передачи информации 24

П Р И Л О Ж Е Н И Я

I. Расчет снижения шума за счет экранирования 27

2. Расчетные спектры шума самолетов при взлете, наземном опробовании двигателей и трогании с места 32

3. Частотные характеристики изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями 40

4. Каталог акустических характеристик звукопоглощающих облицовок и строительных материалов 44

5. Примеры расчета ожидаемого уровня шума и выбора ограждающих конструкций 49

6. Расчет акустической обработки помещения 58

7. Примеры расчета частотной характеристики времени реверберации 61

8. Методика расчета систем оповещения и передачи информации 70

9. Примеры расчета систем оповещения и передачи информации 81
10. Характеристики громкоговорителей, необходимые в электроакустическом расчете 87
Рекомендуемая литература 88

Редактор Л.П. Константинова

Т-21 610. Подписано в печать 22.12.88. Формат 60х84/16.
изд.л. Тираж 380 экз. Заказ № 663.

gost.e-ecolog.ru

ГПИ и НИИ ГА Аэропроект. 125171, Москва, А-171, Ленинградское шоссе, 7а. Ротапринтная ГПИ и НИИ ГА Аэропроект.