В Ц С П С

ВСЕСОЮЗНЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА
"ЗНАК ПОЧЕТА" НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ОХРАНЫ ТРУДА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ АКУСТИЧЕСКИХ КАМЕР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН

МОСКВА – 1978

gost.e-ecolog.ru

В Ц С П С

ВСЕСОЮЗНЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОЧЕТА"
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОХРАНЫ ТРУДА

"Согласовано"

Заместитель директора
Всесоюзного научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений Госстандарта СССР

Г.А. Дорофеев

" 8 " июля 1978 г.

"Утверждаю"

Директор научно-исследовательского института строительной физики Госстроя СССР

В.А. Дроздов

"28" июля 1978 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ АКУСТИЧЕСКИХ КАМЕР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН

Москва – 1978

УДК 628.517:534.6.08

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 8.055-73, рекомендациями СЭВ и Международной организации по стандартизации.

В них изложены требования к акустическим камерам для измерения шумовых характеристик машин, методика расчета, проектирования и порядок проведения аттестации камер, требования к их механическому, электротехническому и санитарно-техническому оборудованию, а также методика измерения шумовых характеристик машин и их нормирования. Приведены основные параметры и характеристики типовых заглушенных и реверберационных камер.

Методические указания предназначены для работников научно-исследовательских институтов, проектно-конструкторских организаций и промышленных предприятий, занимающихся проектированием звукомерных камер и измерением шумовых характеристик машин.

Составители: Ф.С. Кудрявцев, Л.Ф. Лагунов

© ВЦНИИОТ ВЦСПС, 1978

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Акустические камеры для измерения шумовых характеристик машин (заглушенные и реверберационные) должны соответствовать требованиям ГОСТ 8.055-73.

1.1. Заглушенные камеры

1.1.1. Заглушенная камера представляет собой хорошо шумо- и виброизолированное специально оборудованное помещение, в котором звуковые волны почти полностью поглощаются при падении на ограждающие поверхности, представляющие собой специальные конструкции, обеспечивающие плавный переход от малого акустического сопротивления воздуха в камере к большому акустическому сопротивлению стен.

Заглушенные камеры характеризуются наличием свободного звукового поля бегущих волн, в котром звуковое давление обратно пропорционально расстоянию от центра источника до точки приема (закон $1/r$).

1.1.2. Для измерения шумовых характеристик машин применяют заглушенные камеры двух видов: с поглощающим полом, в которых все внутренние поверхности имеют звукопоглощающую облицовку, и с отражающим полом, в которых потолок и стены имеют звукопоглощающую облицовку, а пол жесткий.

1.1.3. Заглушенные камеры с поглощающим полом предназначены для испытания малых машин или машин, которые работают в подвешенном состоянии. Камеры с отражающим полом предназначены для испытания средних и больших машин, а также машин, которые могут работать только при их установке на жесткую поверхность.

Жесткий пол приближает условия работы источников шума к естественным. Поэтому заглушенные камеры с отражающим полом более

предпочтительны при определении шумовых характеристик машин. В таких камерах поверхность пола можно рассматривать акустически зеркальной и считать, что излучение шума происходит от источника, помещенного в жесткий экран, центр излучения лежит на поверхности пола и происходит свободное излучение в полусферу.

1.1.4. Испытания в заглушенных камерах позволяют определить уровни звуковой мощности машин в октавных полосах частот, а также характеристики направленности излучения шума.

1.2. Реверберационные камеры

1.2.1. Реверберационная камера представляет собой шумо- и виброизолированное специально оборудованное помещение, в котором звуковые волны почти полностью отражаются при падении на ограждающие поверхности.

Реверберационные камеры характеризуются наличием диффузного звукового поля, в котором плотность звуковой энергии в различных точках и угловое распределение потока звуковой энергии в каждой точке постоянны.

1.2.2. Испытания в реверберационных камерах проводятся в тех случаях, когда не требуется знание направленности излучения шума и при частном диапазоне измерений выше 125 Гц.

2. ЗАГЛУШЕННЫЕ КАМЕРЫ

2.1. Основные требования

2.1.1. В заглушенной камере с поглощающим полом все внутренние ограждающие поверхности должны быть покрыты звукопоглощающими облицовками с коэффициентом звукопоглощения не ниже 0,8 в диапазоне частот измерений. В заглушенных камерах с отражающим полом к стенам и потолку предъявляются те же требования, а пол должен быть гладким и иметь коэффициент звукопоглощения не более 0,05 в диапазоне частот измерений.

2.1.2. Должна быть обеспечена надлежащая изоляция заглушенных камер от посторонних шумов и вибраций. Допустимые уровни проникающих посторонних шумов в октавных полосах частот должны быть, по крайней мере, на 10 дБ ниже, чем уровни, возникающие при работе наименее шумной испытываемой машины.

2.1.3. Неравномерность свободного звукового поля в заглушенной камере должна быть не более 1,5 дБ для 1 класса, 2 дБ для II класса и 3 дБ для III класса точности измерений.

Неравномерность свободного звукового поля определяется как отклонение от величины в 6 дБ разности измеренных средних уровней

звукового давления при удвоении расстояния точек измерения от центра измерительной поверхности. Измерения неравномерности звукового поля проводятся в соответствии с ГОСТ 8.055-73.

2.2. Исходные данные

1.2.1. Исходными данными для проектирования являются:

а) метод определения шумовых характеристик машин в свободном звуковом поле;

б) максимальные габариты испытываемых машин;

в) частотный диапазон измерений в октавных полосах частот;

г) степень точности измерений;

д) стандартная строительная сетка колонн и высота этажей производственных корпусов и лабораторных корпусов НИИ.

2.3. Акустический расчет заглушенных камер

2.3.1. Определяют размеры свободного пространства камеры, то есть ее внутренние размеры после облицовки звукопоглощающими покрытиями. В свободном звуковом поле точки измерения располагаются на измерительной сфере или полусфере в соответствии с рис. 1 и 2.

2.3.2. Расстояние от поверхности машины до измерительной сферы или полусферы не должно быть менее двух максимальных размеров испытываемой машины ($\ell_{макс.}$) и менее 0,25 м.

2.3.3. При измерениях по сфере для типовых испытаний рекомендуется шестнадцать точек измерений, по полусфере - восемь.

2.3.4. Точки измерения должны располагаться не ближе 1 м от звукопоглощающих конструкций камеры.

2.3.5. Располагая точки измерения на сфере или полусфере так, чтобы нижние точки находились на диагонали камеры, определяют внутренние размеры заглушенной камеры после облицовки звукопоглощающими покрытиями (см. рис. 1 и 2).

2.3.6. Радиус измерительной сферы или полусферы, проведенный из центра машины, определится следующим соотношением

$$r = 2{,}5\ \ell_{макс}\ \text{м}. \qquad (1)$$

2.3.7. Минимальный размер камеры в плане (ширина):

$$b = 2(0{,}68\,r + 1)\ \text{м}. \qquad (2)$$

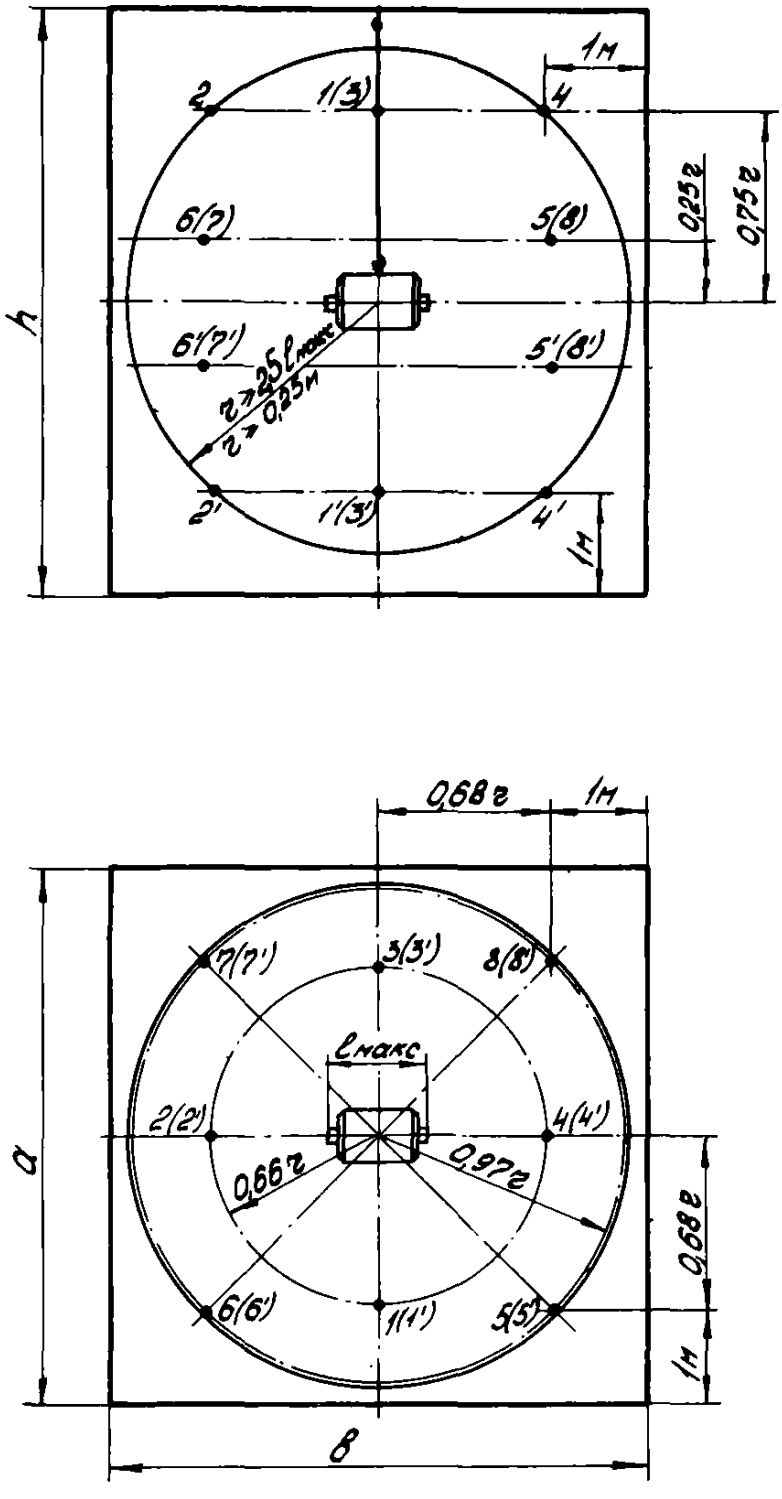


Рис. 1. Схема расположения точек измерения на сфере при испытании машин в заглушенной камере с поглощающим полом

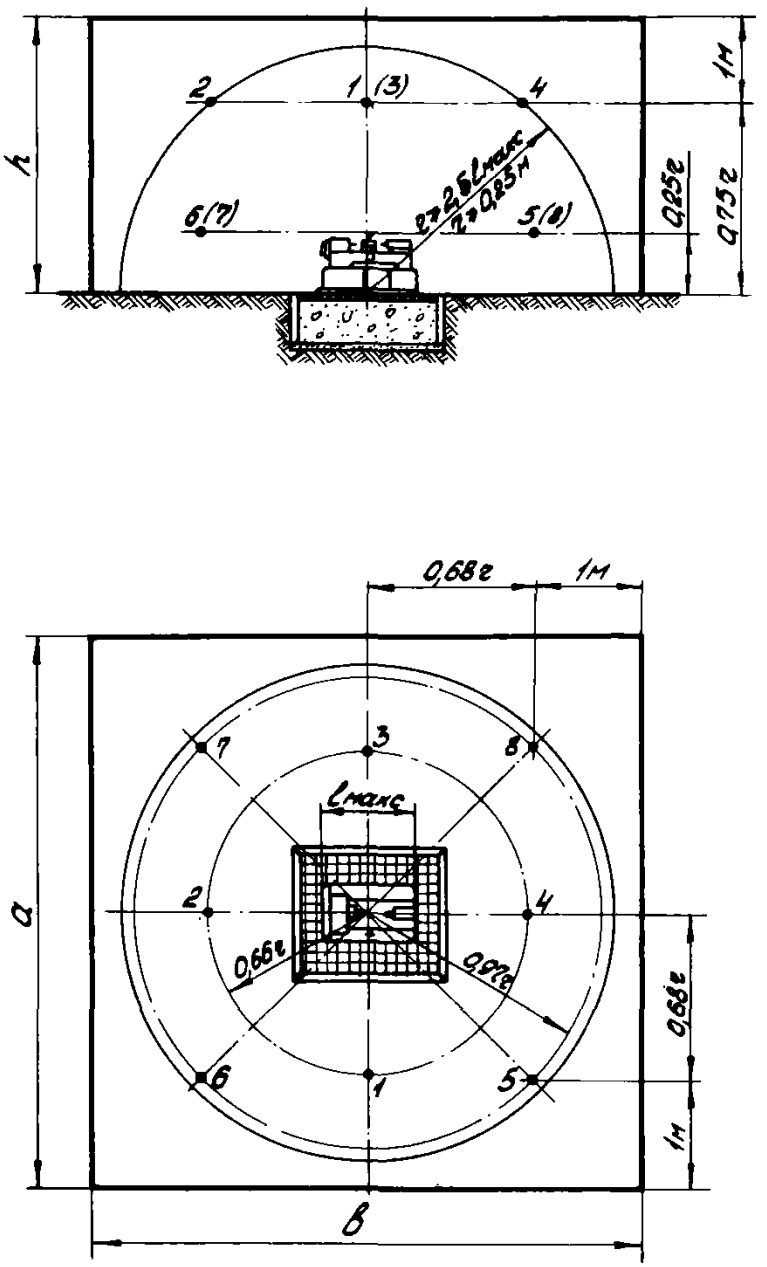


Рис. 2. Схема расположения точек измерения на полусфере при испытании машин в заглушенной камере с отражающим полом

Подставив в формулу (2) минимальное значение r из формулы (1) получаем

$$b = 3{,}4\, l_{макс} + 2 \text{ м}.$$

2.3.8. Для удобства проведения измерений длину камеры целесообразно взять примерно на 0,1 больше ее ширины

$$a = 1{,}1\,(3{,}4\, l_{макс} + 2) = 3{,}74\, l_{макс} + 2{,}2 \text{ м}.$$

2.3.9. Высота камеры
с поглощающим полом

$$h_п = 2(0{,}75\, r + 1) = 3{,}75\, l_{макс} + 2 \text{ м},$$

с отражающим полом

$$h_о = 0{,}75\, r + 1 = 1{,}88\, l_{макс} + 1 \text{ м}.$$

2.3.10. Поглощающая поверхность камеры
с поглощающим полом

$$S_п = 2ab + 2ah + 2bh \text{ м}^2,$$

с отражающим полом

$$S_о = ab + 2ah + 2bh \text{ м}^2$$

2.3.11. По частотному диапазону измерений выбирают звукопоглощающую конструкцию (рис. 3). В настоящее время общепринятой звукопоглощающей конструкцией являются клинья из стекловолокна [x]. Отечественной промышленностью освоено производство клиньев из штапельного стекловолокна на Ивотском стекольном заводе (Брянской области) типа КЗК согласно ТУ 21-01-257-69.

2.3.12. По графикам рис. 4 и 5 предварительно определяют ожидаемую неравномерность звукового поля в точках измерительной поверхности.

---

x) Клинья из пенополиуретана применяются для облицовки заглушенных камер в тех случаях, когда к неравномерности звукового поля на низких частотах не предъявляют очень высоких требований. При выборе другой конструкции звукопоглощающих покрытий необходимо исследовать ее эффективность путем измерений коэффициента отражения звука при нормальном падении в трубе акустического интерферометра.

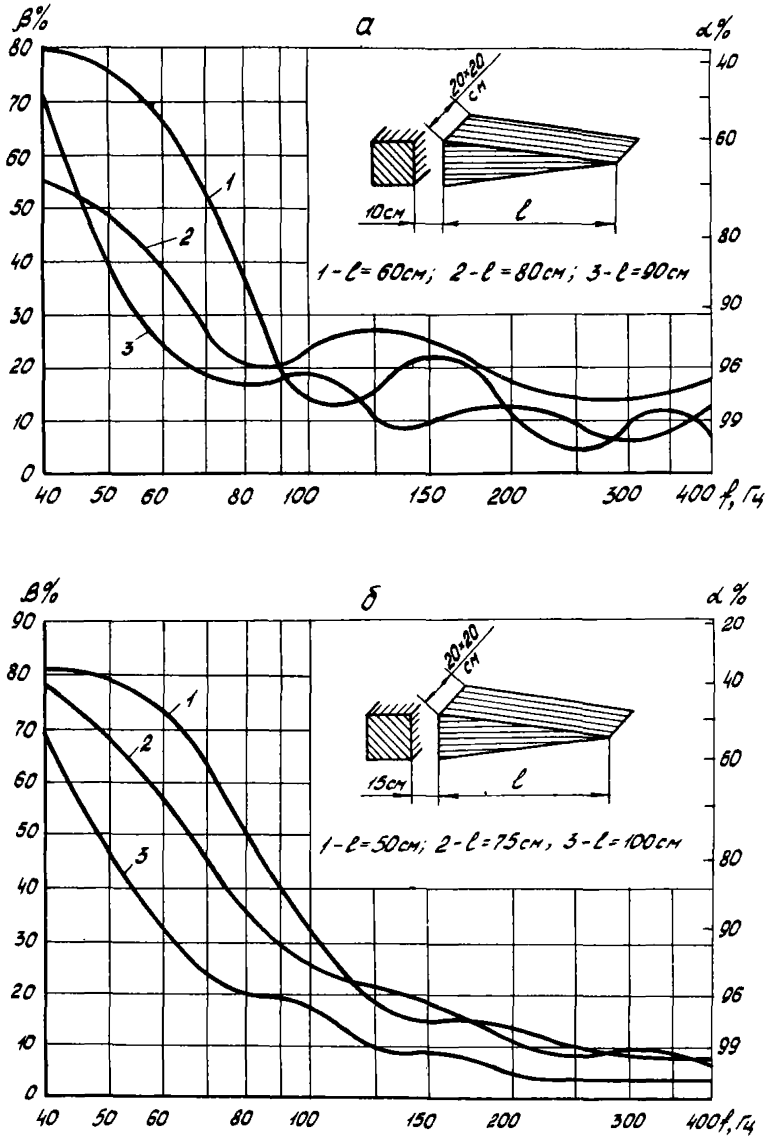


Рис. 3. Частотные характеристики коэффициента звукопоглощения (звукоотражения) при нормальном падении звуковой волны для клиньев: а – из штапельного стекловолокна; б – из пенополиуретана

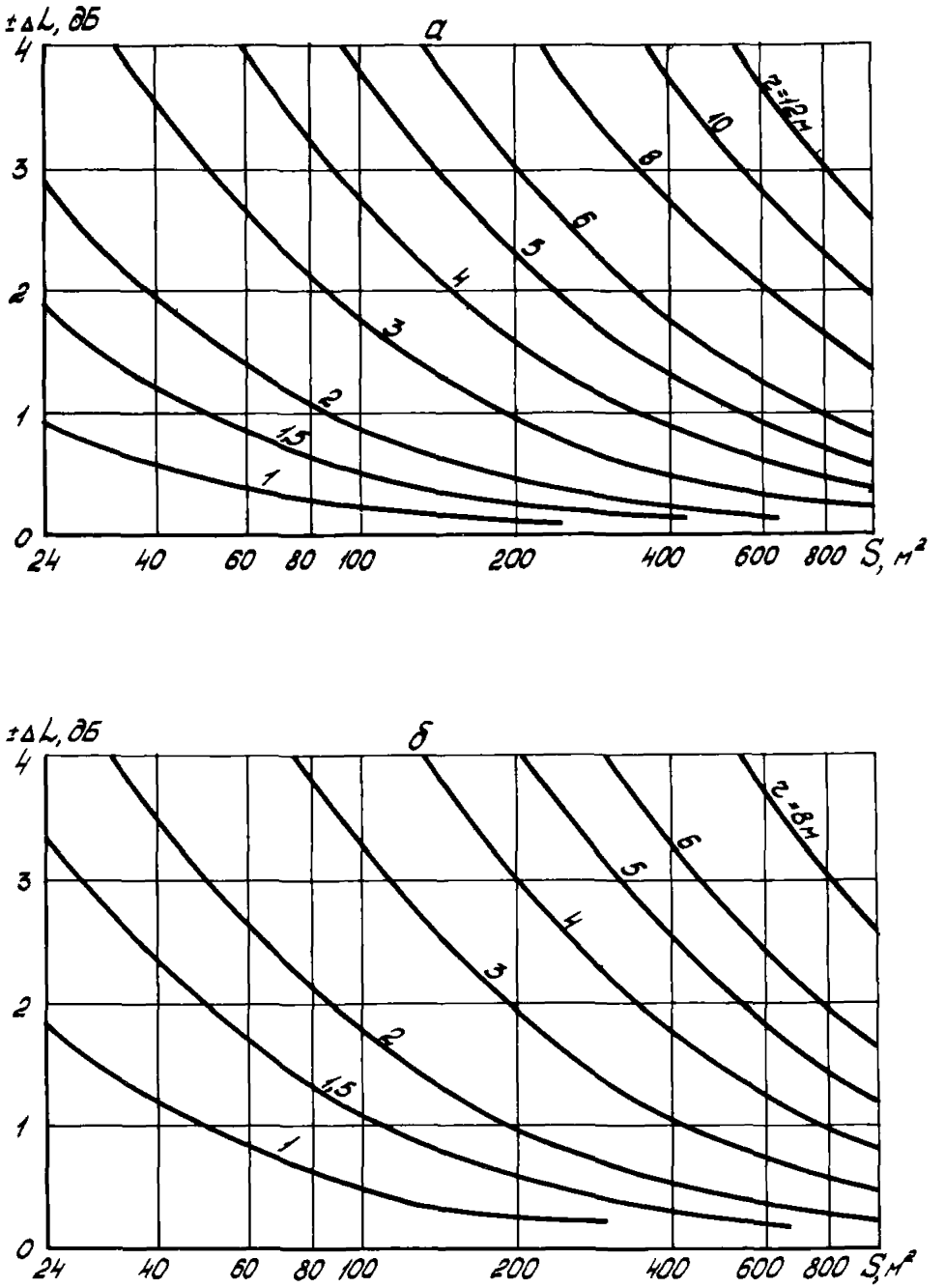


Рис. 4. Расчетная зависимость отклонения звукового поля от закона $1/r$ для заглушенных камер с поглощающим полом при различной поверхности ограждения: а – для α =0.9; б – для α = 0,8

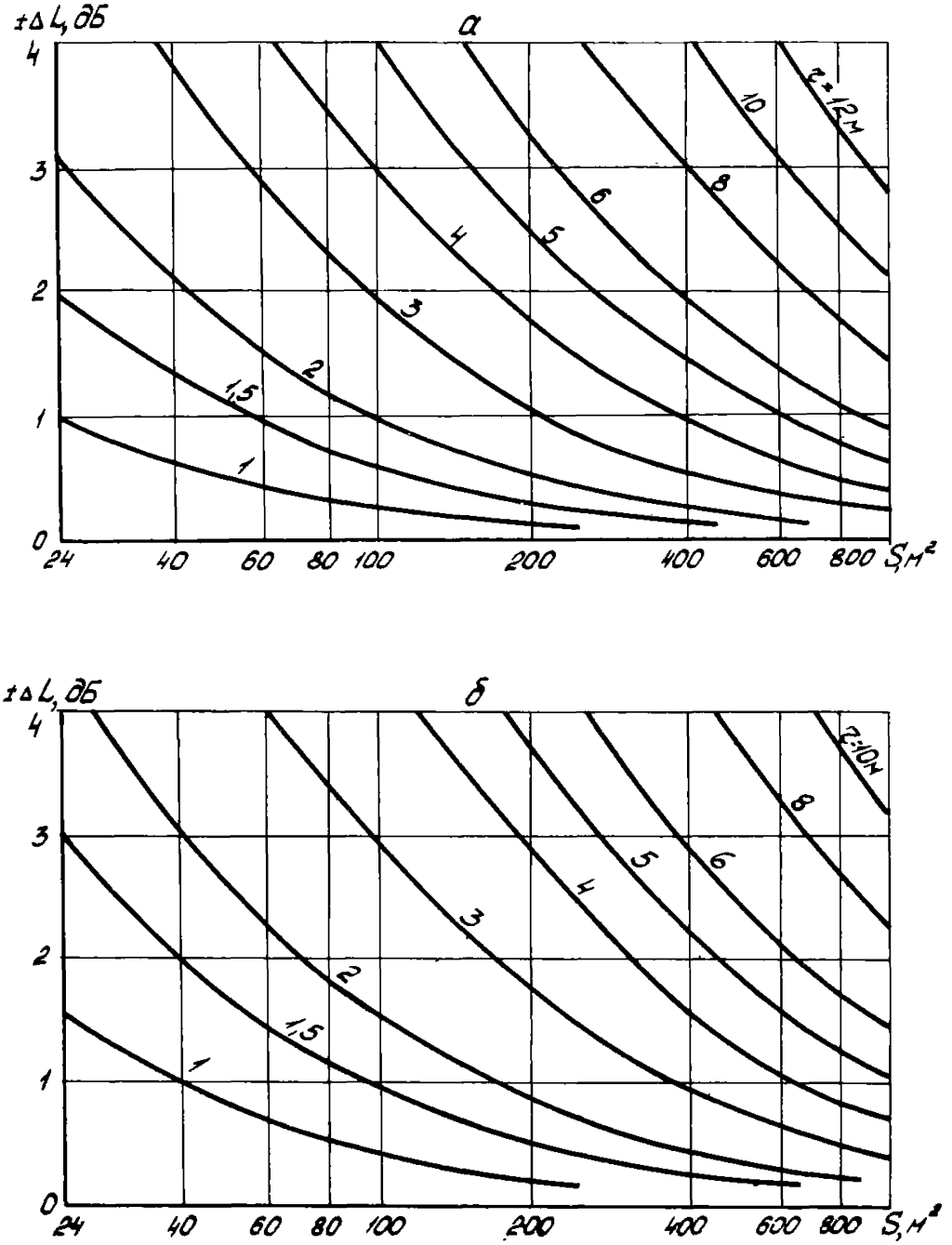


Рис. 5. Расчетная зависимость отклонения звукового поля от закона $1/r$ для заглушенных камер с отражающим полом при различной поверхности ограждения: а – для α =0,8; б – для α = 0,7

2.3.13. Полученную максимальную неравномерность звукового поля в заглушенной камере сопоставляют с допустимой для соответствующего класса точности измерений. Если неравномерность звукового поля в камере выше допустимой, выбирают звукопоглощающую конструкцию с большим коэффициентом звукопоглощения или увеличивают размеры свободного пространства камеры.

2.3.14. Выбрав общую толщину звукопоглощающей конструкции (длину клина с заклиновым промежутком - ℓ), определяют внутренние размеры камеры до облицовки звукопоглощающими покрытиями (рис. 6 и 7):

длина

$$A' = a + 2\ell \text{ м};$$

ширина

$$B' = b + 2\ell \text{ м};$$

высота

$$H'_п = h + 2\ell \text{ м}$$

(камера с поглощающим полом);

$$H'_о = h + \ell \text{ м}$$

(камера с отражающим полом).

2.3.15. Исходя из требований к изоляции от воздушного шума ограждающих конструкций, выбираем толщину кирпичных стен C и железобетонного потолка C_1. С учетом выбранной толщины стен и потолка определяем наружные размеры заглушенной камеры (см. рис. 6 и 7):

длина

$$A = A' + 2C \text{ м};$$

ширина

$$B = B' + 2C \text{ м};$$

высота

$$H_п = H'_п + C_1 \text{ м}$$

(камера с поглощающим полом);

$$H_о = H'_о + C_1 \text{ м}$$

(камера с отражающим полом).

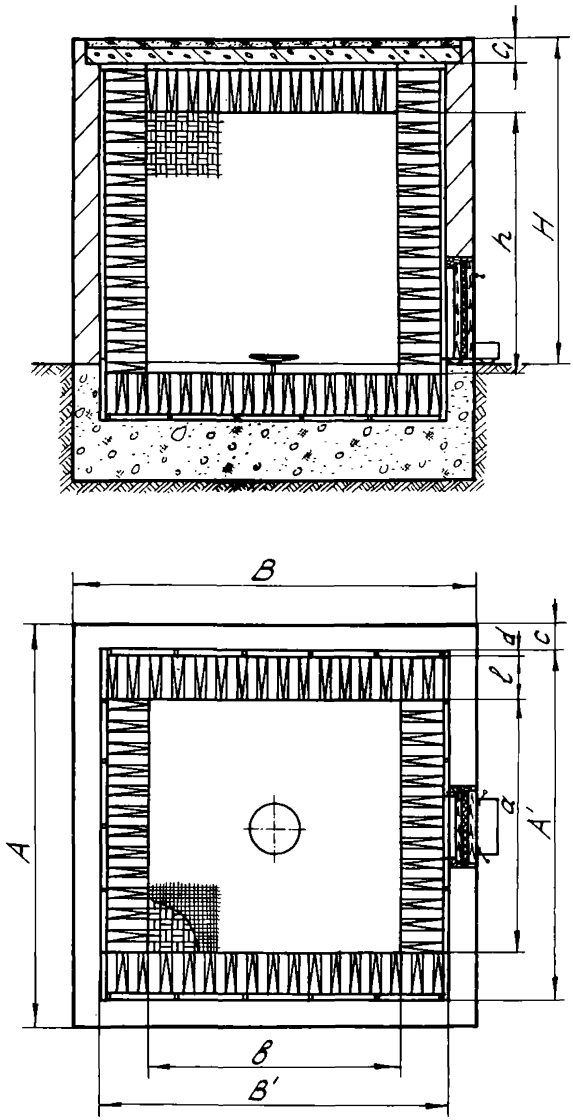


Рис. 6. Схема заглушенной камеры с поглощающим полом

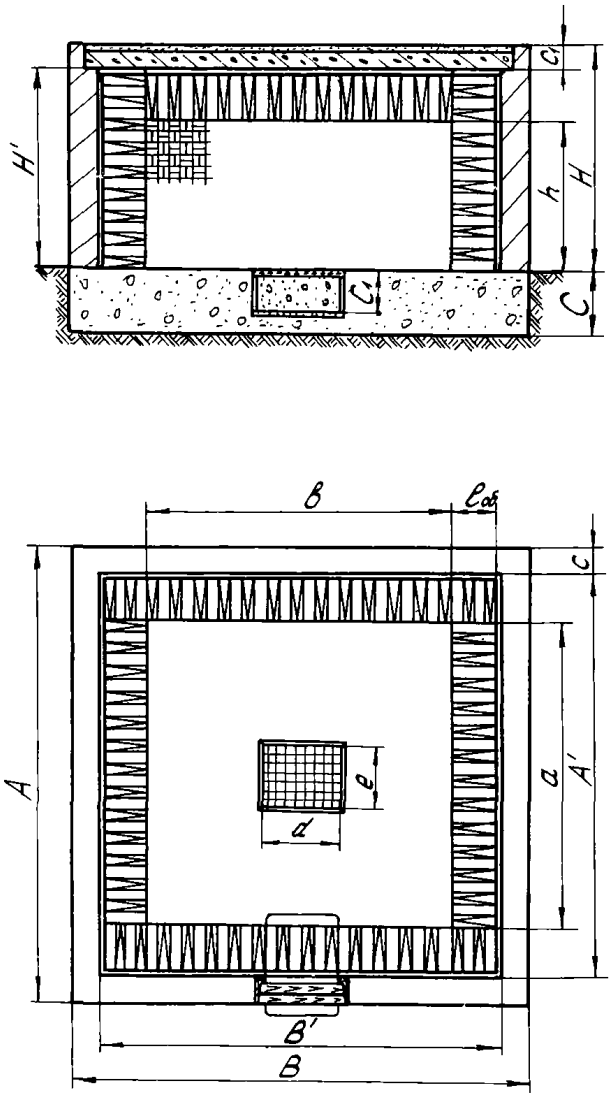


Рис. 7. Схема заглушенной камеры с отражающим полом

2.4. Расчет неравномерности звукового поля в заглушенных камерах и погрешности измерения

2.4.1. По уточненным данным определяем максимальную неравномерность звукового поля в точке на измерительной поверхности:

для сферы

$$\pm\Delta L = 10\lg\left[1+\frac{16\pi r^2}{S_п}\cdot\frac{1-\alpha}{\alpha}\right] \text{ дБ};$$

для полусферы

$$\pm\Delta L = 10\lg\left[1+\frac{8\pi r^2}{S_о}\cdot\frac{1-\alpha}{\alpha}\right] \text{ дБ},$$

где r – расстояние от точки измерения до источника шума (радиус сферы или полусферы), м;

$S_п, S_о$ – поглощающая поверхность камеры, $м^2$;

α – коэффициент поглощения.

2.4.2. Рассчитываем ориентировочную среднеквадратическую погрешность ряда измерений в одной точке

$$\sigma = \sqrt{\sigma_п^2 + \Delta L^2} \text{ дБ}$$

и погрешность измерений в n точках

$$\sigma_{пи} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ дБ}.$$

2.4.3. Вероятное расхождение результата измерений $3\sigma_{пи}$ не должно превышать допустимого расхождения двух результатов, соответствующего определенному классу точности. Для 1 класса эта величина должна быть не более 3 дБ, для II класса – 5 дБ и для III класса – 7 дБ.

2.5. Расчет звуковиброизоляции заглушенных камер

2.5.1. Частотная характеристика требуемой изоляции от воздушного шума ограждений заглушенной камеры может быть определена по одной из приведенных ниже формул в зависимости от конкретных условий, в которых предполагается строительство камеры.

2.5.2. Если шум проникает в заглушенную камеру из смежного с ней помещения или помещения, в котором находится камера, требуемую изоляцию ее ограждений от воздушного шума рассчитывают по формуле

$$R_в = L_{Рсум} - 10\lg B_ш + 10\lg S_m + 10\lg m - L_{доп} \text{ дБ}, \quad (3)$$

где $L_{Рсум} = 10\lg \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 L_{pi}}$ – суммарный уровень звуковой мощности всех источников шума, находящихся в смежном с заглушенной камерой помещении, в октавной полосе, дБ;

$B_ш$ – постоянная смежного помещения в рассматриваемой октавной полосе, $м^2$;

S_m – площадь поверхности заглушенной камеры, через которую проникает шум, $м^2$;

m – число ограждений камеры, через которые проникает шум;

$L_{доп}$ – допустимый уровень звукового давления в заглушенной камере в октавной полосе, дБ. Если нет специальных требований, то $L_{доп}$ берется на 10 дБ ниже уровня шума в соответствующей октавной полосе для наименее шумной испытываемой машины.

2.5.3. Если шум проникает в заглушенную камеру из окружающей атмосферы (заглушенная камера представляет собой самостоятельное отдельно стоящее здание, одно или несколько ограждений которого являются наружными ограждениями камеры), требуемую изоляцию от воздушного шума ее ограждений рассчитывают по формуле

$$R_в = L_{сум} + 10\lg S_m + 10\lg m - L_{доп} \text{ дБ},$$

где $L_{сум} = 10\lg \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 L_i}$ – суммарный уровень звукового давления всех источников шума на расстоянии 2 м от наружной ограждающей конструкции камеры, дБ.

Постоянная помещения $B_ш$, входящая в формулу (3), определяется для каждой октавной полосы по формуле

$$B_ш = \frac{A}{1-\bar{\alpha}} \ м^2, \quad (4)$$

где A – общая эквивалентная площадь звукопоглощения помещения, $м^2$,

$$A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i S_i + \sum_{i=1}^{m} A_к n_к \ м^2;$$

α_i, S_i – соответственно коэффициенты звукопоглощения и площади ($м^2$) отдельных поверхностей помещения;

$A_к, n_к$ – соответственно эквивалентные площади звукопоглощения ($м^2$) и количество отдельных, штучных звукопоглотителей;

$\bar{\alpha}$ – средний коэффициент звукопоглощения помещения

$$\bar{\alpha} = \frac{A}{\sum_{i=1}^{n} S_i}.$$

2.5.4. Если заглушенную камеру предполагается построить в помещении, в котором на основании результатов измерений определены средние уровни звукового давления $L_{ср}$, то требуемую изоляцию от воздушного шума рассчитывают по формуле

$$R_в = L_{ср} + 10 \lg S_m + 10 \lg m - L_{доп} \ дБ.$$

2.5.5. Среднюю звукоизолирующую способность от воздушного шума проектируемых ограждений камеры приближенно можно рассчитать по весу конструкции, пользуясь эмпирической формулой, если $Q \gg 200$ кг/$м^2$

$$R_в = 23 \lg Q - 9 \ дБ,$$

где Q – вес одного $м^2$ ограждения, кг.

2.5.6. Собственную частоту колебаний камеры определяют по формуле

$$f_o = \frac{5}{\sqrt{x_{ст}}} \ Гц,$$

где f_o – собственная частота системы, которая должна быть обязательно ниже частоты возмущающей силы $f/\sqrt{2}$, чтобы избежать резонансных колебаний коробки камеры;

$x_{ст}$ – статическая осадка, которую испытывает корпус камеры под действием собственного веса, см.

2.6. Конструкция заглушенных камер

2.6.1. Заглушенные камеры следует строить на первом этаже внутри производственных корпусов или в отдельном зданиии. Они должны иметь самостоятельную строительную коробку, расположенную на отдельном фундаменте. Внутри корпусов заглушенные камеры размещают так, чтобы между стенами камер и корпусов оставался зазор, который определяют на основании требований разделения фундаментов камеры и корпуса. Ограждающие конструкции камеры не должны быть жестко связаны с конструкциями основного здания.

2.6.2. Для уменьшения распространения вибрации заглушенные камеры целесообразно монтировать на массивной фундаментной плите толщиной 1–2 м в зависимости от размера камер, на которой одновременно будут устанавливаться испытываемые машины.

2.6.3. Заглушенные камеры небольших размеров могут быть оборудованы и на перекрытии этажей. В этом случае для уменьшения распространения вибрации по конструкциям здания коробку камеры необходимо устанавливать на резиновые или пружинные виброизоляторы с таким расчетом, чтобы собственная частота колебаний коробки камеры составляла 3–5 Гц.

2.6.4. В зависимости от окружающей шумовой обстановки и требований к ограничению уровня помех внутри камеры ее стены выполняют из кирпича толщиной 38–64 см (в 1,5–2,5 кирпича) или монолитного железобетона толщиной 30–50 см. Потолок изготавливается из монолитного железобетона толщиной 30–50 см. В отдельных случаях можно использовать стандартные железобетонные перекрытия при условии тщательной заделки швов и дополнительной засыпки шлаком.

2.6.5. В центре меньшей стены заглушенной камеры должен быть предусмотрен специальный кронштейн для установки измерительного громкоговорителя в ящике, который должен устанавливаться заподлицо со звукопоглощающими конструкциями.

2.6.6. В стены и потолок камеры по их центральным осям через равные промежутки заподлицо со звукоизолирующими конструкциями замуровывают металлические кронштейны, предназначенные для крепления тросов, микрофонов и других вспомогательных устройств.

2.6.7. В заглушенной камере с поглощающим полом для обеспечения возможности передвижения оборудуют подвесной рабочий пол.

2.6.8. Стены заглушенной камеры, включая входную дверь, потолок и поглощающий пол облицовывают звукопоглощающими конструкциями.

При облицовке клиньями типа КЗК к стенам заглушенной камеры крепятся деревянные бруски (толщина брусков равна заклиновому промежутку) на кронштейнах, предварительно замурованных в стены камеры. К брускам крепятся металлические штыри диаметром 7–8 мм и

длиной, равной примерно половине клина. На штыри, предварительно смазанные резинобитумной мастикой, насаживаются клинья. На потолке клинья подвешиваются к металлическим каркасам с шагом 20 см, выдерживая заклиновый промежуток. В заглушенных камерах с поглощающим полом клинья на полу устанавливают на деревянные бруски без крепления.

Клинья на всех поверхностях камеры располагают так, чтобы грани вершин соседних клиньев были взаимно перпендикулярны.

Для предупреждения возможного выделения стеклянной пыли с поверхности клиньев типа КЗК во время эксплуатации камеры на клинья надевают чехлы из такой же ткани, как и для подвесного пола, или стены и потолок могут быть задрапированы шторкой из такой же ткани.

2.6.9. Дверь в заглушенную камеру должна представлять собой блок толщиной, равной толщине стен камеры с соответствующей изоляцией от воздушного шума и с уплотнением по периметру. Внутренняя сторона двери должна быть покрыта звукопоглощающими конструкциями аналогично стенам камеры. Дверь должна иметь запоры, позволяющие закрывать ее как изнутри, так и снаружи камеры, а также плотно притягивать к уплотняющим прокладкам. Перемещение двери может осуществляться автоматически или вручную. Размеры двери должны обеспечивать свободное перемещение испытываемых машин.

2.6.10. В заглушенных камерах с отражающим полом в центре пола оборудуют виброизолированный фундамент. Испытываемая машина должна крепиться на виброизолированном фундаменте, масса которого должна превышать массу машины примерно в 10 раз. Виброизолированный фундамент должен быть изолирован от фундамента камеры. Размеры фундамента должны обеспечивать установку и крепление испытываемых машин.

При необходимости установки поворотной платформы для снятия полярных диаграмм направленности излучения шума в центре виброизолированного фундамента делается выемка.

2.7. Выбор типов заглушенных камер

2.7.1. В зависимости от метода, частотного диапазона, степени точности измерений, максимальных габаритных размеров испытываемых машин, а также с учетом стандартной строительной сетки колонн и высоты этажей производственных корпусов и лабораторных корпусов научно-исследовательских институтов выбраны четыре типоразмера заглушенных камер.

2.7.2. Заглушенные камеры I, II и III типа – с отражающим полом, IУ типа – с поглощающим.

2.7.3. Заглушенные камеры выбранных типов обеспечивают измерение шумовых характеристик наиболее распространенных типов машин с максимальными габаритными размерами до 2,5 м.

2.7.4. Для больших машин строительство звукомерных камер экономически невыгодно, так как их размеры будут слишком велики. В этих случаях могут быть использованы приближенные методы измерений в обычных производственных помещениях.

2.7.5. Рассчитанные по вышеприведенным формулам и графикам основные параметры и характеристики выбранных типов заглушенных камер в окончательном виде представлены в табл. 1. Пример расчета дан в Приложении 1.

Таблица 1

Основные параметры и характеристики выбранных типов заглушенных камер

Основные параметры и характеристики	Типы камер			
	I	II	III	IУ
1. Максимальные размеры испытываемых машин ($\ell_{макс}$), м	2,5	2,0	1,3	0,5
2. Радиус измерительной сферы или полусферы (r), м	6	5	3	1
3. Размеры свободного пространства камеры ($a \times b \times h$), м	12x11x6	10x9x5	7x6,6x4	4x3,6x3,4
4. Общая площадь звукопоглощающих поверхностей камеры (S), м^2	408	280	155	80
5. Типы звукопоглощающих клиньев и их размеры (ℓ_1), м	КЗК-1 1,0	КЗК-1 1,0	КЗК-0,75 0,75	КЗК-0,5 0,5
6. Количество клиньев, шт.	12050	8550	4803	2484
7. Толщина кирпичных стен и железобетонного потолка (С и C_1), м	0,64 и 0,50	0,64 и 0,50	0,51 и 0,40	0,51 и 0,40

Продолжение табл. 1

Основные параметры и характеристики	Типы камер			
	I	II	III	IУ
8. Наружные размеры камеры (АхВхН), м	15,6х14,6х х8,7	13,6х12,6х х6,7	9,8х9,4х х5,3	6,3х5,9х х4,2
9. Максимальная расчетная неравномерность звукового поля в точках измерения ($\pm\Delta L$), дБ (на $f_{ср}$)	2	2	2	2
10. Предельная погрешность результата измерений ($3\sigma_{пи}$), дБ	3	3	3	3
11. Средняя изолирующая способность от воздушного шума ограждений камеры ($R_в$), дБ	61	61	58	58
12. Типовая сетка колонн и высота этажей производственных корпусов, м	18х6 8,4	18х6 8,4	12х6 7,2	6х6 4,8
13. Размеры входных дверей, м	2,6х2	2,2х1,6	2х1,2	2х1
14. Размеры виброизолированного фундамента, м	3х2,5х1,5	2,5х2х1,25	2х1,5х1	-

2.7.6. Выбранные типы заглушенных камер в зависимости от максимальных габаритных размеров испытываемых машин, звукопоглоща-

ющей конструкции и частотного диапазона измерений могут соответствовать I, II или III классу точности измерений.

2.7.7. Конструкция и размещение выбранных типов заглушенных камер показана на рис. 8, 9, 10 и 11.

3. РЕВЕРБЕРАЦИОННЫЕ КАМЕРЫ

3.1. Основные требования

3.1.1. Реверберационные камеры для измерения шумовых характеристик машин согласно ГОСТ 8.055-73 должны иметь объем в пределах от 70 до 1000 $м^3$ (по рекомендациям СЭВ, РС 611-66, от 60 до 2000 $м^3$) при отношении наибольшего размера к наименьшему не более 4:1. Внутренние противоположные поверхности должны быть выполнены под углом 5-10° друг к другу.

3.1.2. Допускается применение камер с параллельно расположенными противоположными плоскостями. Отношение размеров камеры можно рекомендовать в следующей пропорции 1: $\sqrt[3]{2}$: $\sqrt[3]{4}$.

3.1.3. Реверберационные камеры с непараллельными стенами имеют более равномерное звуковое поле, поэтому они должны иметь более широкое распространение при измерении шумовых характеристик машин.

3.1.4. Ограждающие поверхности камеры должны иметь реверберационный коэффициент звукопоглощения не более 0,05 в диапазоне частот 125-8000 Гц.

3.1.5. Должна быть обеспечена надлежащая изоляция реверберационных камер от посторонних шумов и вибраций. Допустимые уровни посторонних шумов в октавных полосах частот должны быть по крайней мере на 10 дБ ниже, чем уровни, возникающие при работе наименее шумной испытываемой машины.

3.1.6. Неравномерность звукового поля в камере должна быть не более 2 дБ для I и II класса и 3 дБ для III класса точности измерений.

3.2. Исходные данные

3.2.1. Исходными данными для проектирования являются:

а) метод определения шумовых характеристик машин в отраженном звуковом поле;

б) максимальные габаритные размеры испытываемых машин;

в) частотный диапазон измерений в октавных полосах частот;

г) степень точности измерений;

д) стандартная строительная сетка колонн и высота этажей типовых производственных корпусов и лабораторных корпусов НИИ.

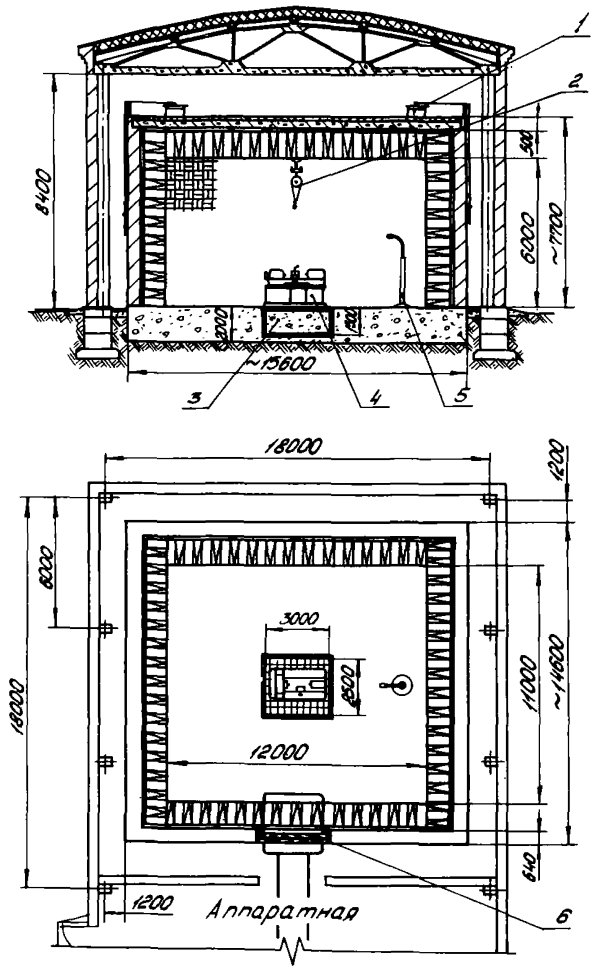


Рис. 8. Конструкция и размещение заглушенной камеры 1 типа: 1 – естественная вентиляция; 2 – электротельфер; 3 – виброизолированный фундамент; 4 – испытываемая машина; 5 – стойка для крепления микрофона; 6 - входная дверь

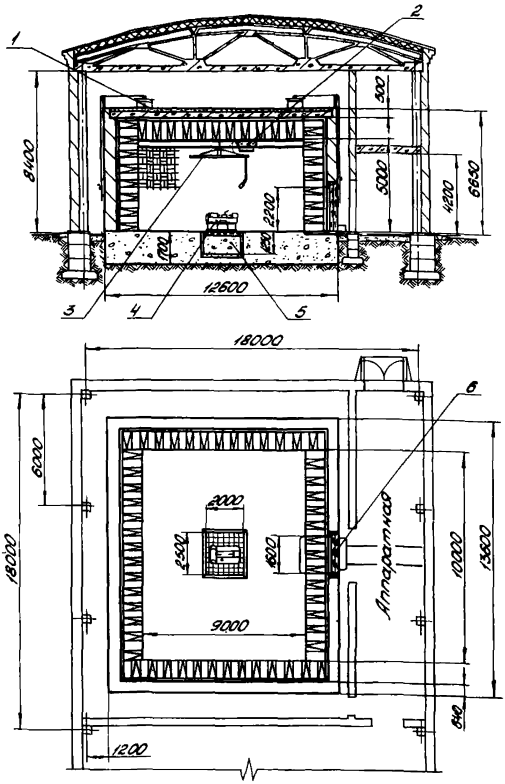


Рис. 9. Конструкция и размещение заглушенной камеры II типа: 1 – естественная вентиляция; 2 – электротельфер; 3 – механизм для перемещения микрофона по полусфере; 4 – испытываемая машина; 5– виброизолированный фундамент; 6 – входная дверь

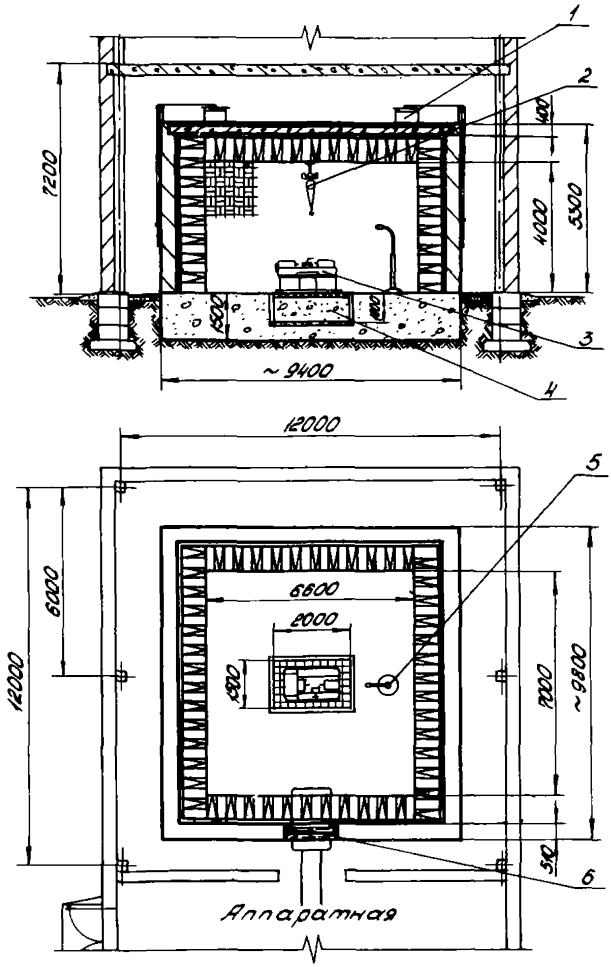


Рис. 10. Конструкция и размещение заглушенной камеры III типа: 1 – естественная вентиляция; 2 – электротельфер; 3 – испытываемая машина; 4 – виброизолированный фундамент; 5 – стойка для крепления микрофона; 6 – входная дверь

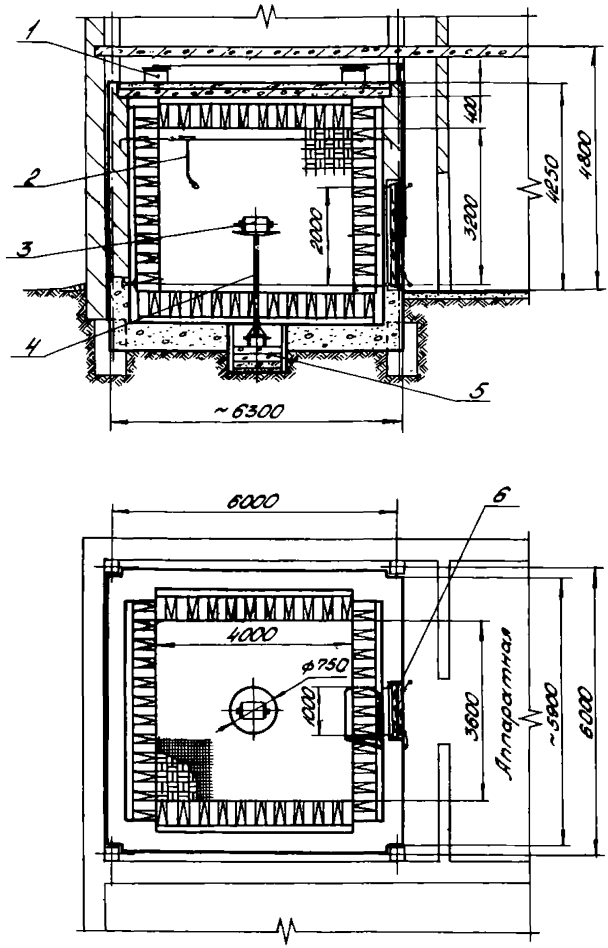


Рис. 11. Конструкция и размещение заглушенной камеры 1У типа: 1 – естественная вентиляция; 2 – тележка для перемещения микрофона; 3 – испытываемая машина; 4 –поворотная платформа; 5 – виброизолированный фундамент; 6 – входная дверь

3.3. Акустический расчет реверберационных камер

3.3.1. Объем реверберационной камеры должен обеспечивать возможность расположения точек измерения (не менее пяти) в зоне отраженного звукового поля.

3.3.2. Испытываемую машину устанавливают на пол камеры ближе к одному из углов так, чтобы она находилась на расстоянии не менее, чем $\lambda/4$ (λ – длина волны нижней граничной частоты, м) и не менее 1 м от ограждающих поверхностей камеры.

3.3.3. Точки измерения не должны располагаться вблизи машины, где имеет место ближнее звуковое поле, и вблизи ограждающих поверхностей камеры, где отраженное звуковое поле имеет значительную неравномерность. Для соблюдения этих условий точки измерения не должны располагаться ближе к машине, чем ее максимальный размер ($\ell_{макс}$) и чем расстояние, равное $\sqrt{\frac{A}{5}}$ (A – общая эквивалентная площадь звукопоглощения в реверберационной камере, м^2). Точки измерения должны отстоять не менее $\lambda/4$ и не менее 1 м от ограждающих поверхностей и одна от другой и на 2 м от углов камеры, как показано на рис. 12.

3.3.4. На основании приведенных требований рассчитывают минимальные внутренние размеры реверберационной камеры (см. рис. 12):

длина

$$a = \frac{\lambda}{4} + \ell_{макс} + \ell_{макс} + \frac{\lambda}{4} \quad м$$

или

$$a = \frac{\lambda}{4} + 2\ell_{макс} + \sqrt{2^2 - \left(\frac{\lambda}{4}\right)^2} \quad м;$$

ширина

$$b = \frac{\lambda}{4} + \ell_{макс} + \frac{\lambda}{4} \quad м$$

или

$$b = \frac{\lambda}{4} + 4\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{4} \quad м;$$

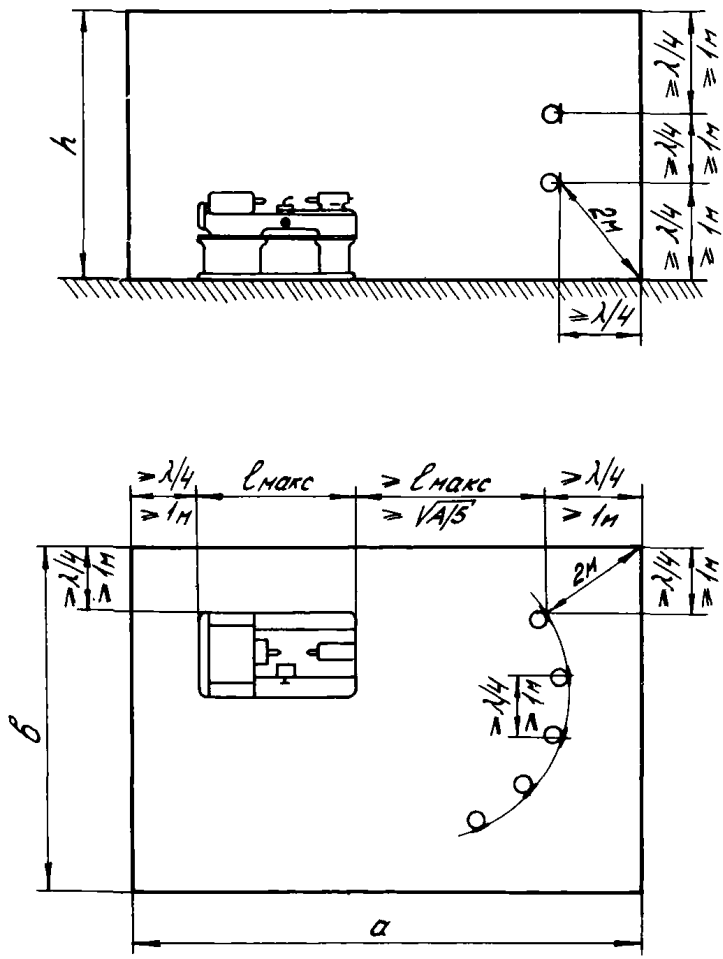


Рис. 12. Схема установки испытываемой машины и размещение точек измерений в реверберационной камере

высота

$$h = \ell_{макс} + \frac{\lambda}{4} \text{ м}$$

или

$$h = \sqrt{2^2 - \left(\frac{\lambda}{4}\right)^2} + \sqrt{2^2 - \left(\frac{\lambda}{4}\right)^2} \text{ м}.$$

3.3.5. Определяют объем реверберационной камеры

$$V = a \times b \times h \text{ м}^3.$$

3.3.6. Рассчитывают площадь ограждающих поверхностей

$$S = 2ab + 2ah + 2bh \text{ м}^2.$$

3.3.7. Вычисляют общее звукопоглощение для нижней граничной частоты

$$A = \alpha S \text{ м}^2,$$

где α – коэффициент звукопоглощения для нижней граничной частоты измерений.

3.3.8. Проверяют удаление точек измерения от машины, которое должно быть

$$r \geqslant \sqrt{\frac{A}{5}} \text{ м}.$$

3.3.9. С учетом рассчитанных параметров определяют конфигурацию реверберационной камеры.

3.3.10. Выбирают толщину стен С и потолка C_1.

3.3.11. С учетом выбранной толщины стен и потолка определяют наружные (средние) размеры камеры (рис. 13):

длина

$$A = a + 2C \text{ м};$$

ширина

$$B = b + 2C \text{ м};$$

высота

$$H = h + C_1 \text{ м}.$$

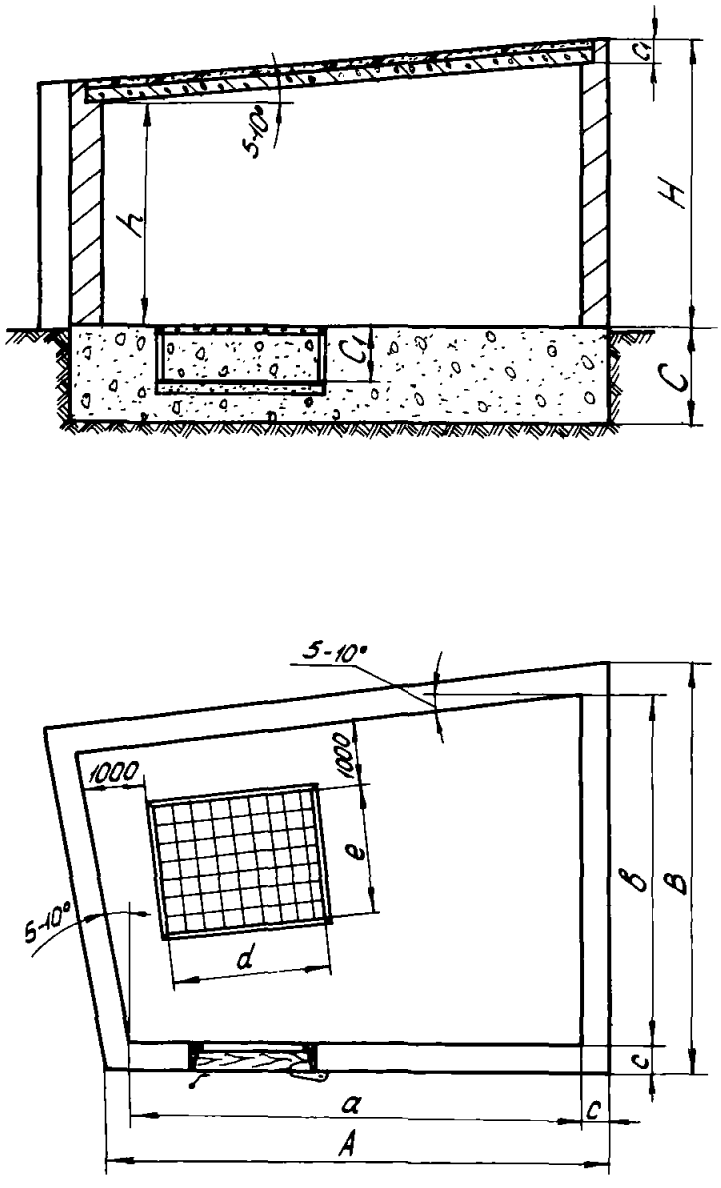


Рис. 13. Схема реверберационной камеры

3.4. Расчет неравномерности звукового поля в реверберационных камерах и погрешности измерения

3.4.1. Рассчитывают время реверберации в камере для нижней граничной частоты измерений

$$T = \frac{0,163\,V}{A} \quad с.$$

3.4.2. Определяют неравномерность звукового поля в объеме реверберационной камеры по формуле

$$\Delta L = \frac{16,1}{\sqrt{T\Delta f}} \quad дБ,$$

где Δf^{*} – эффективная ширина полосы сигнала, Гц.

3.4.3. Принимая, как при расчете заглушенных камер, погрешность измерительного прибора $\sigma_п = \pm 2$ дБ и, определив неравномерность звукового поля в n точках, рассчитывают ориентировочную среднеквадратическую погрешность ряда измерений в одной точке

$$\sigma = \sqrt{\sigma_п^2 + \Delta L^2} \quad дБ$$

и погрешность ряда измерений в n точках

$$\sigma_{пи} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad дБ.$$

3.4.4. Вероятное расхождение результата измерений $3\sigma_{пи}$ не должно превышать допустимого расхождения двух результатов, соответствующих определенному классу точности: для I класса не более 3 дБ, для II класса – 5 дБ и для III класса – 7 дБ.

3.5. Расчет звуковиброизоляции реверберационных камер

3.5.1. Частотная характеристика требуемой изоляции от воздушного шума ограждений реверберационной камеры может быть определена по одной из нижеприведенных формул в зависимости от конкретных условий, в которых предполагается строительство камеры.

---

* Для третьоктавных полос $\Delta f = 0,27 f_0$ (f_0 – средняя частота полосы).

3.5.2. Если шум проникает в реверберационную камеру из смежного с ней помещения или помещения, в котором находится камера, требуемую изоляцию от воздушного шума ее ограждений рассчитывают по формуле

$$R_в = L_{Рсум} - 10\lg B_ш - 10\lg B_и + 10\lg S_т + 10\lg m + 6 - L_{доп} \text{ дБ},$$

где $B_и$ – постоянная помещения реверберационной камеры в рассматриваемой октавной полосе, $м^2$. Она определяется аналогично $B_ш$ по формуле (4).

3.5.3. Если шум проникает в реверберационную камеру из окружающей атмосферы (реверберационная камера представляет собой самостоятельное отдельно стоящее здание, одно или несколько ограждений которого являются наружными ограждениями камеры), требуемую изоляцию от воздушного шума ее ограждений рассчитывают по формуле

$$R_в = L_{сум} + 10\lg S_т - 10\lg B_и + 10\lg m + 6 - L_{доп} \text{ дБ}.$$

3.5.4. Если реверберационную камеру предполагается построить в помещении, где известны в результате измерений средние уровни звукового давления, то требуемую изоляцию от воздушного шума ограждений камеры рассчитывают по формуле

$$R_в = L_{ср} + 10\lg S_т - 10\lg B_и + 10\lg m + 6 - L_{доп} \text{ дБ}.$$

3.5.5. Среднюю звукоизолирующую способность от воздушного шума проектируемых ограждений камеры рассчитывают аналогично заглушенной камере (см. п. 2.5.5.).

3.5.6. Виброизоляцию реверберационной камеры рассчитывают аналогично заглушенной камере (см. п. 2.5.6).

3.6. Конструкция реверберационных камер

3.6.1. Реверберационные камеры должны строиться на первом этаже внутри производственных корпусов или в отдельном здании. Они должны иметь самостоятельную строительную коробку, расположенную на отдельном фундаменте. Реверберационные камеры размещают внутри корпусов так, чтобы между стенами камер и стенами корпусов оставался зазор, который выбирается исходя из требования разделения фундаментов камеры и корпуса. Ограждающие конструкции камеры не должны быть жестко связаны с конструкциями основного здания.

3.6.2. Для уменьшения распространения вибрации реверберационные камеры целесообразно монтировать на массивной фундаментной плите толщиной 1–2 м в зависимости от размера камеры, на которой одновременно будут устанавливаться испытываемые машины.

3.6.3. Реверберационные камеры небольших размеров могут быть оборудованы на перекрытии этажей. В этом случае для предотвращения распространения вибрации по конструкции камеры, коробку камеры необходимо устанавливать на резиновые и пружинные виброизоляторы с таким расчетом, чтобы собственная частота колебаний коробки камеры составляла 3–5 Гц.

3.6.4. Для создания многократности отражения звуковых волн строительная коробка камеры выполняется неправильной формы, исключающей параллельность плоскостей. Отклонение от параллельности составляет $5–10^{\circ}$.

3.6.5. В зависимости от окружающей шумовой обстановки и требований к ограничению уровня помех внутри камеры ее стены выполняют из кирпича толщиной 25–51 см (1–2 кирпича) или, как и потолок, из монолитного железобетона толщиной 20–40 см. Можно использовать стандартные железобетонные перекрытия при условии тщательной заделки швов с дополнительной засыпкой шлаком.

3.6.6. Важнейшим фактором получения хороших акустических характеристик реверберационных камер является обеспечение весьма малого коэффициента звукопоглощения внутренних ограждающих поверхностей. Обычно это достигается нанесением на поверхность кирпичных или железобетонных стен, потолка и пола слоя цементной штукатурки толщиной 1–2 см с последующим железнением.

3.6.7. В стены и потолок камеры через равные промежутки замуровываются металлические кронштейны для крепления микрофонов и других вспомогательных устройств.

3.6.8. В каждом трехгранном углу камеры предусматриваются специальные кронштейны для крепления громкоговорителей, которые располагают так, что их акустическая ось направлена в вершину трехгранного угла, а входное отверстие рупора находится на расстоянии 0,6–0,75 м от вершины угла.

3.6.9. Дверь в реверберационную камеру должна представлять собой блок с соответствующей изоляцией от воздушного шума и с уплотнением по периметру. Размеры двери должны обеспечивать свободное перемещение испытываемых машин, а запоры позволять закрывать ее как изнутри, так и снаружи камеры, а также плотно притягивать к уплотняющим прокладкам.

3.6.10. Для установки и крепления испытываемых машин в реверберационной камере ближе к одному из углов располагают виброизо-

лированный фундамент. Конструкция фундамента такая же, как и в заглушенных камерах, но в данном случае не предусматривается выемка для установки поворотной платформы.

3.6.11. На этом же фундаменте могут испытываться отдельные узлы и агрегаты, не имеющие собственного привода. Для этой цели вне камеры устанавливают внешний привод, вал которого через стену проходит в реверберационную камеру к виброизолированному фундаменту и соединяется с испытываемой машиной. Внешний привод располагают в проходе между реверберационной камерой и стеной основного здания и соединяют валом с испытываемой машиной внутри камеры. Внешний привод может состоять из промышленного электропривода типа ПМУ и передающего вала. Конструкция подшипников передающего вала должна обеспечивать минимальный шум привода.

3.7. Выбор типов реверберационных камер

3.7.1. В зависимости от метода частотного диапазона, степени точности измерений, максимальных габаритных размеров испытываемых машин, а также с учетом стандартной строительной сетки колонн и высоты этажей производственных корпусов и лабораторных корпусов научно-исследовательских институтов, выбраны четыре типоразмера реверберационных камер.

3.7.2. Реверберационные камеры выбранных типов обеспечивают измерение шумовых характеристик наиболее распространенных типов машин с максимальными габаритными размерами до 2,5 м[x)].

3.7.3. Для больших машин строительство реверберационных камер экономически невыгодно, так как их размеры будут слишком велики. В этих случаях могут быть использованы приближенные методы измерений в обычных производственных помещениях.

3.7.4. Рассчитанные по приведенным формулам и графикам основные параметры и характеристики выбранных типов реверберационных камер в окончательном виде представлены в табл. 2.

Пример расчета дан в Приложении 2.

3.7.5. Реверберационные камеры выбранных типов в зависимости от максимальных габаритных размеров испытываемых машин и частотного диапазона измерений могут соответствовать 1, II и III классу точности измерений.

---

x) В выбранных реверберационных камерах для измерения шума машин и оборудования можно также проводить градуировку измерительной акустической аппаратуры, а в камере объемом 200 м^3 и измерение коэффициента звукопоглощения материалов.

Таблица 2

Основные параметры и характеристики выбранных типов реверберационных камер

Основные параметры и характеристики	Типы камер			
	I	II	III	IУ
1. Максимальные размеры испытываемых машин ($\ell_{макс}$), м	2,5	2,0	1,5	1,0
2. Внутренние (средние) размеры камеры ($a \times b \times h$), м	8,5x5,5x4,3	7,2x5,5x3,8	6,2x5,4x3	6,35x3,7x3
3. Объем камеры (V), $м^3$	200	150	100	70
4. Площадь ограждающих поверхностей камеры (S), $м^2$	213	176	137	107
5. Общее звукопоглощение при $\alpha = 0,02$ на $f_{гр}$ (А), $м^2$	4,3	3,5	2,7	2,1
6. Толщина стен и потолка камеры (С и $С_1$), м	0,51 и 0,40	0,51 и 0,40	0,38 и 0,30	0,38и 0,30
7. Наружные максимальные размеры (АхВхН), м	10x7x5,2	8,7x7x4,6	7,7x6,8x3,7	7,7x5x3,6
8. Расчетное время реверберации на $f_{гр}$ (Т), с	7,5	7	6	5,5
9. Неравномерность звукового поля на $f_{гр}$ (ΔL), дБ	1	1	1	1
10. Предельная погрешность результата измерений ($3\sigma_{пи}$), дБ	3	3	3	3

Продолжение табл. 2

Основные параметры и характеристики	Типы камер			
	I	II	III	IУ
11. Средняя изолирующая способность от воздушного шума ограждений камеры ($R_в$), дБ	58	58	55	55
12. Типовая сетка колонн и высота этажей производственных корпусов, м	12x6 6	12x6 4,8	9x6 4,2	6x6 4,2 (4,8)
13. Размеры входных дверей, м	2,6x2	2,2x1,6	2x1,2	2x1
14. Размеры виброизолированного фундамента, м	3,0x2,0x1,5	2,0x1,8x1,5	1,8x1,5x1,25	1,5x1x1

3.7.6. Конструкция и размещение выбранных типов реверберационных камер показана на рис. 14, 15, 16 и 17.

4. ОБОРУДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ КАМЕР

4.1. Механическое оборудование

4.1.1. Подвесной пол

4.1.1.1. Конструкция подвесного пола показана на рис. 18. Его выполняют в виде сетки из стальных тросов диаметром 2–4 мм или капроновых канатиков диаметром 4–6 мм с ячейкой 50x50 мм. Сетка пола крепится к металлической раме, замурованной в основание коробки камеры. Ветви сетки пола крепятся и натягиваются при помощи натяжных устройств. Предварительный натяг ветвей сетки пола примерно равен 200–300 кг. Пол такой конструкции является акустически прозрачным и практически не оказывает заметного влияния на звуковое поле камеры. Конструкция пола обеспечивает минимальный прогиб и является удобной при перемещении людей в камере. У входа в камеру в пролете дверей делают лаз, обеспечивающий возможность проникновения под сетчатый пол.

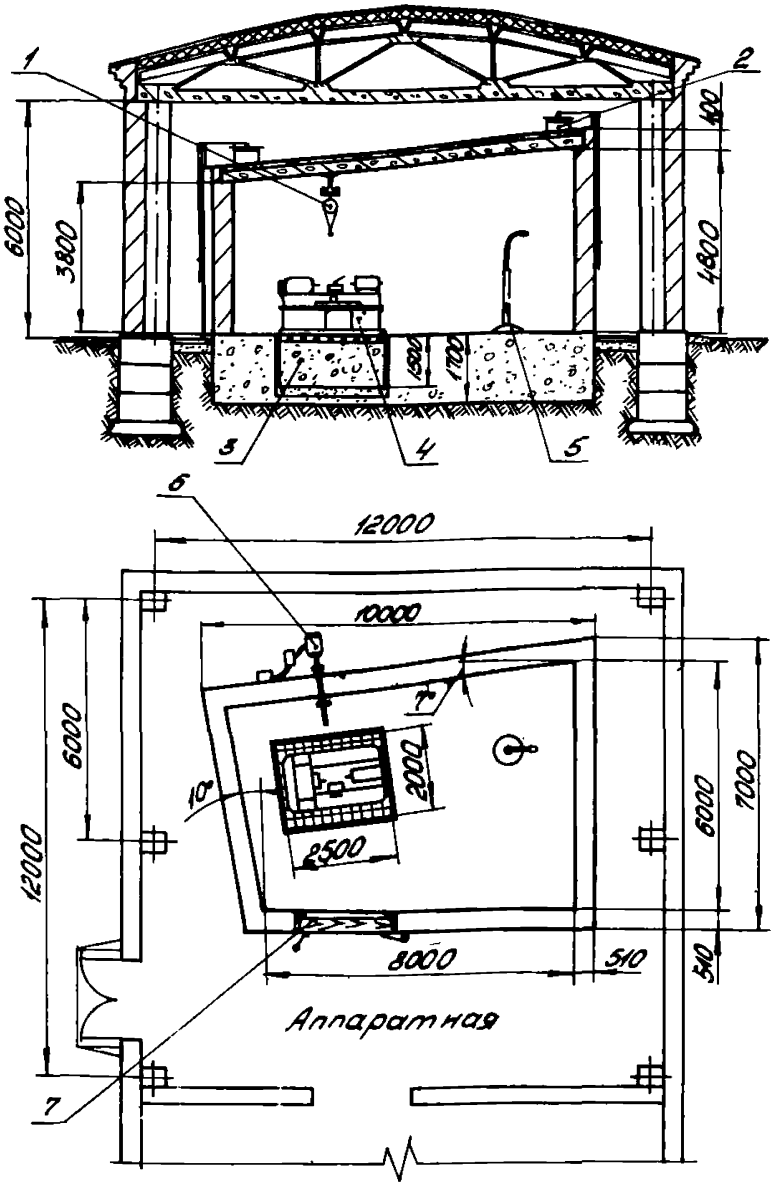


Рис. 14. Конструкция и размещение реверберационной камеры 1 типа: 1 – электротельфер; 2 – естественная вентиляция; 3 – виброизолированный фундамент; 4 – испытываемая машина; 5 – стойка для крепления микрофона; 6 – внешний привод; 7 – входная дверь

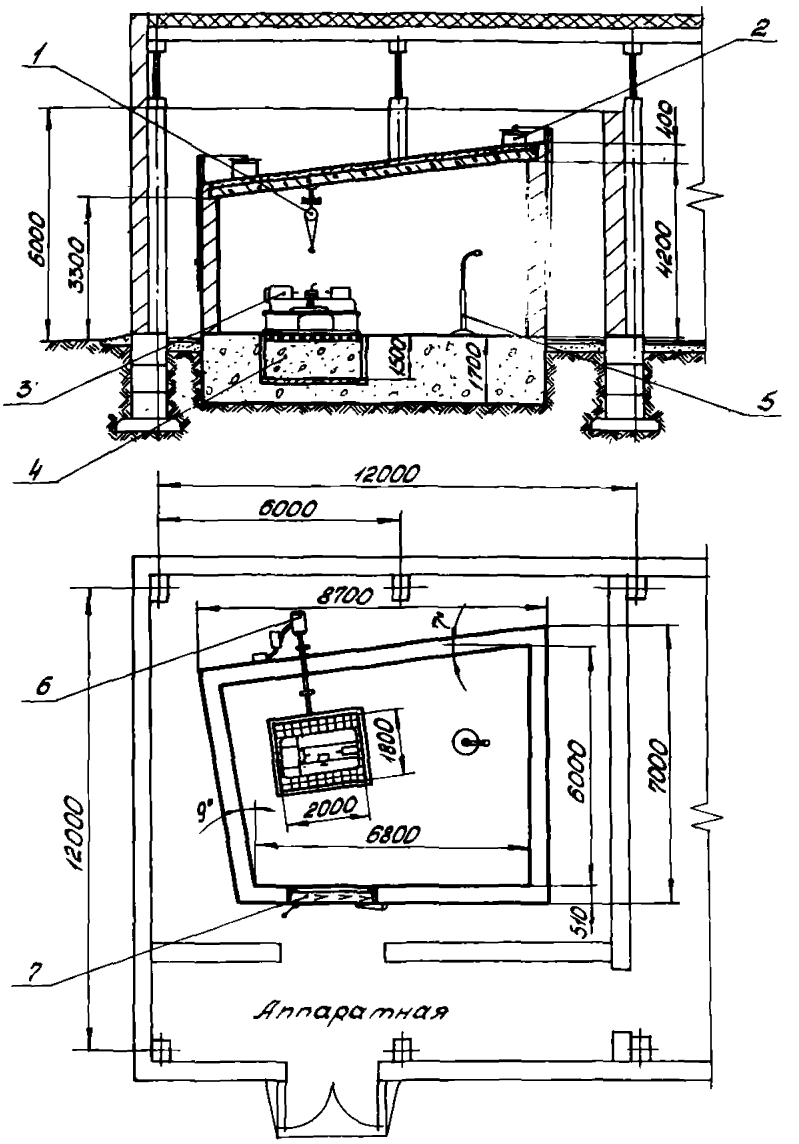


Рис. 15. Конструкция и размещение реверберационной камеры II типа: 1 – электротельфер; 2 – естественная вентиляция; 3 – испытываемая машина; 4 – виброизолированный фундамент; 5 – стойка для крепления микрофона; 6 – внешний привод; 7 – входная дверь

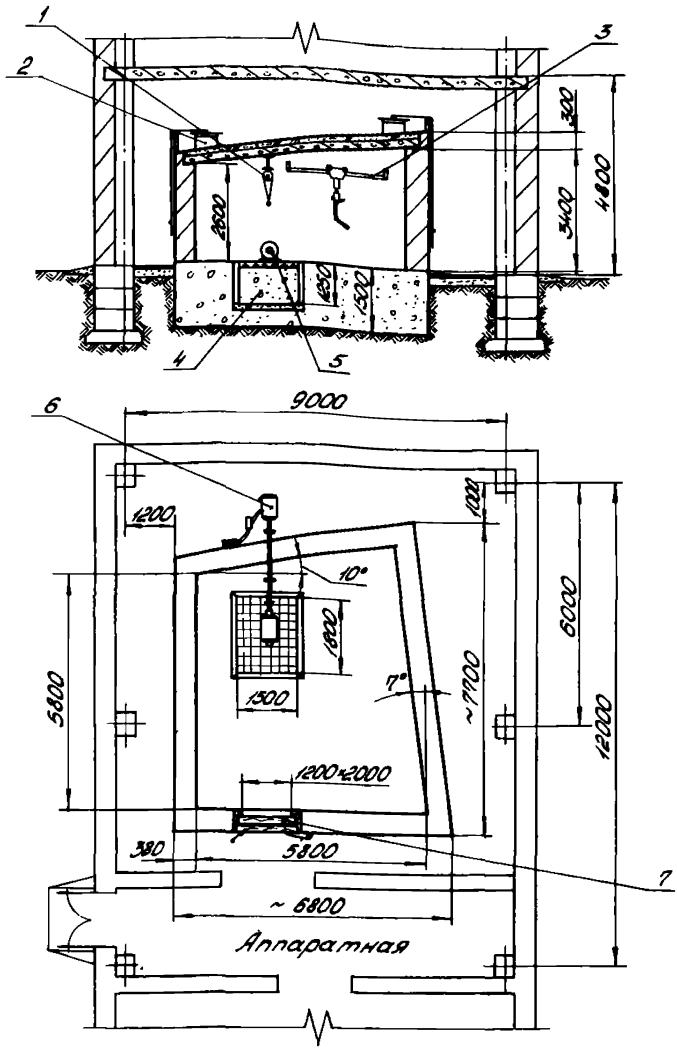


Рис. 16. Конструкция и размещение реверберационной камеры III типа: 1 – электротельфер; 2 – естественная вентиляция; 3 – тележка для перемещения микрофона; 4 – виброизолированный фундамент; 5 – испытываемая машина; 6 – внешний привод; 7 – входная дверь

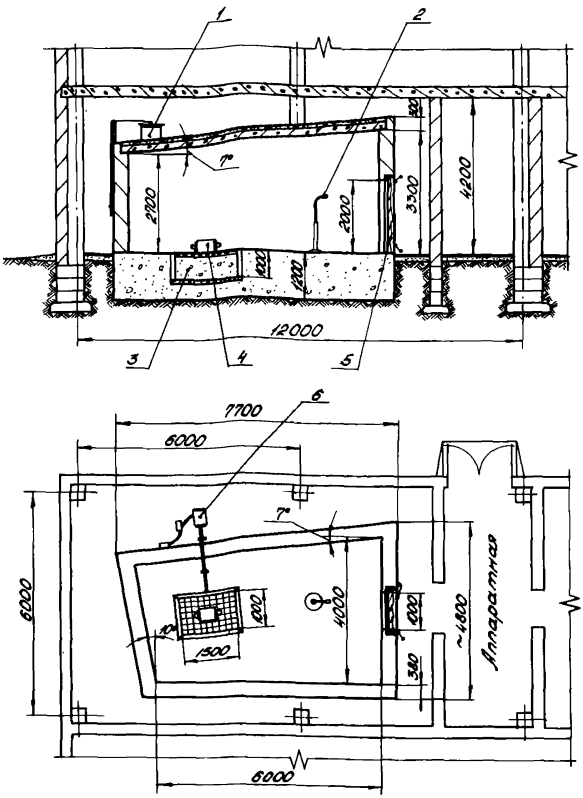


Рис. 17. Конструкция и размещение реверберационной камеры 1У типа: 1 – естественная вентиляция; 2 – стойка для крепления микрофона; 3 – виброизолированный фундамент; 4 – испытываемая машина; 5 – входная дверь; 6 – внешний привод

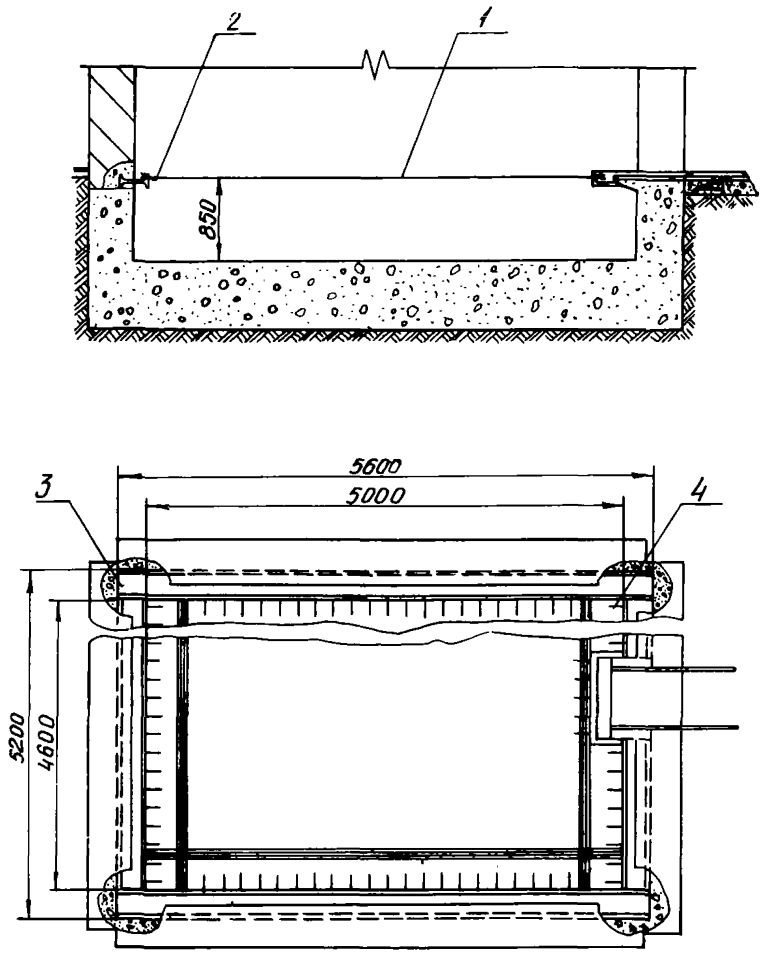


Рис. 18. Подвесной пол камеры: 1 – стальной канат; 2 – натяжное устройство; 3 – двутавр; 4 – штыри для клиньев

4.1.1.2. Для защиты от падения мелких предметов и загрязнения клиньев, расположенных на полу, к сетке подвесного пола подшивают тонкую капроновую ткань (артикул № 3377) или стеклоткань типа (Э-0,1 ГОСТ 19907-74).

4.1.2. Виброизолированный фундамент

4.1.2.1. Для установки и крепления испытываемых машин в заглушенных камерах с отражающим полом в центре пола, а в реверберационных камерах ближе к одному из углов оборудуют виброизолированный фундамент.

4.1.2.2. Виброизолированный фундамент (рис. 19) представляет собой бетонную плиту, поверх которой монтируется чугунная плита с Т-образными пазами в двух взаимно перпендикулярных направлениях для крепления объектов испытания. Он изолирован от фундамента камеры войлочной битумированной прокладкой и песчаной подушкой. Зазоры между виброизолированным фундаментом и фундаментом камеры составляют 15 см и для обеспечения безопасности закрываются съемными досками.

4.1.3. Двери в заглушенные камеры

4.1.3.1. Двери в заглушенные камеры должны обеспечивать такую же изоляцию от воздушного шума, как и стены, иметь облицовку изнутри звукопоглощающими клиньями, и обеспечивать свободное перемещение испытываемых машин.

Для типоразмеров камер, устанавливаемых ГОСТ 8.055-73, рекомендуется использовать двери размерами 1х2 и 2х2,6 м.

4.1.3.2. Конструкция двери шириной 1 м и высотой 2 м показана на рис. 20. Она представляет собой деревянный блок, установленный на металлическую тележку. Для увеличения звукоизоляции внутри блока установлены звукопоглощающие маты из стекловолокна и металлический лист толщиной 2 мм. Толщина блока равна толщине стен камеры. Притворы сделаны косыми и уплотнены резиновыми прокладками.

Внутренняя сторона двери облицована такими же клиньями, как и стены камеры. Для крепления клиньев монтируют металлические каркасы со штырями. На штыри, смазанные резинобитумной мастикой, насаживаются клинья так, чтобы грани вершин соседних клиньев были взаимно перпендикулярны. Звукопоглощающие клинья на двери закрываются такой же шторкой, как и стены камеры. Для крепления шторки предусмотрен металлический каркас из трубок.

Дверь откатывается по рельсам в аппаратную. Управление движением двери автоматическое с пульта.

4.1.3.3. Конструкция двери (ворот) шириной 2 м и высотой 2,6 м показана на рис. 21. Она выполняется двойной и состоит из наружных и внутренних ворот.

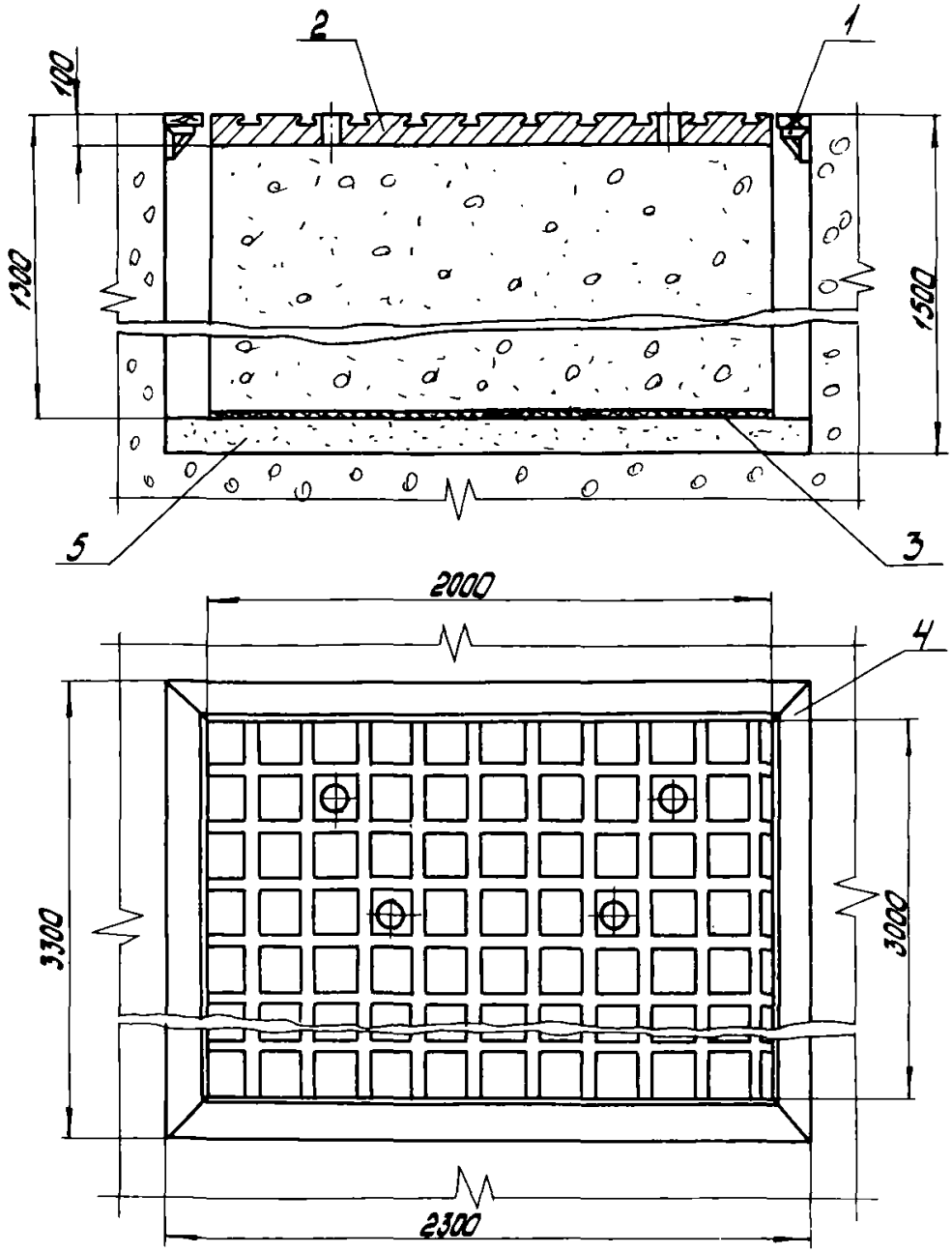


Рис. 19. Виброизолированный фундамент: 1 – кронштейн; 2 – плита чугунная; 3 – войлок битумированный; 4 – доска; 5 – песок

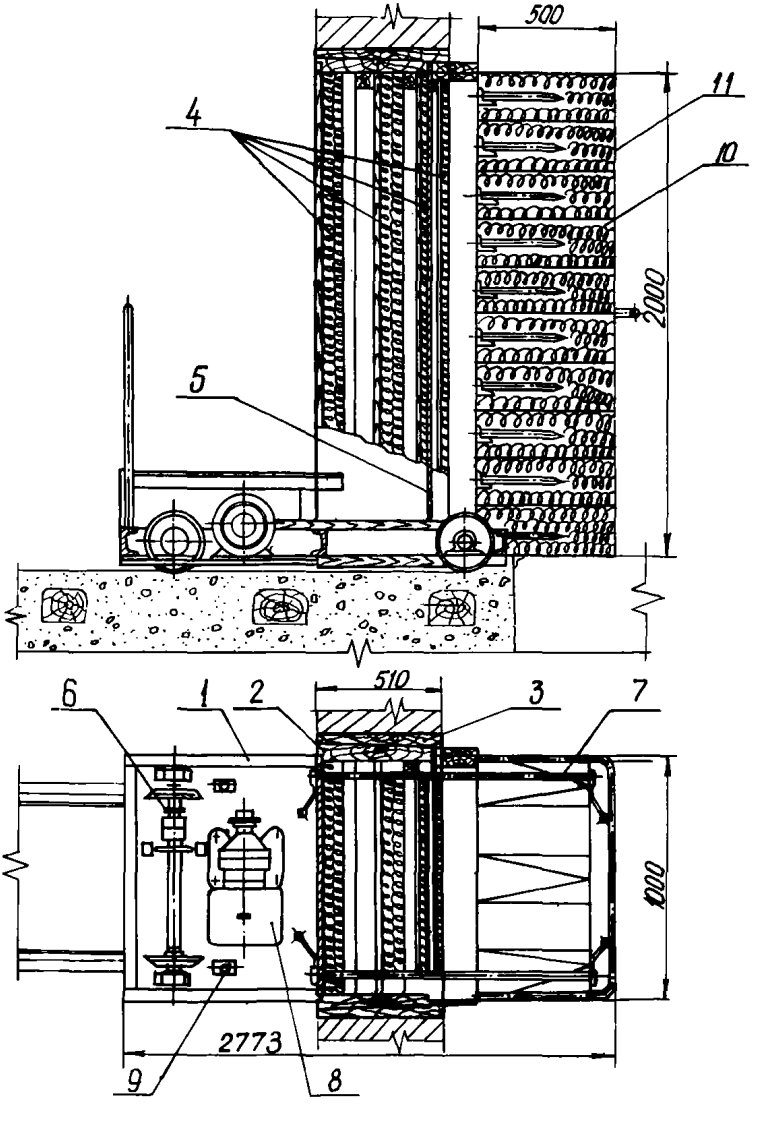


Рис. 20. Малая дверь в заглушенную камеру: 1 – тележка; 2 – блок; 3 – проем; 4 – звукопоглощающие маты; 5 – металлический лист; 6 – цепная передача; 7 – рукоятки; 8 – мотор-редуктор; 9 – конечный выключатель; 10 – звукопоглощающий клин; 11 – ткань

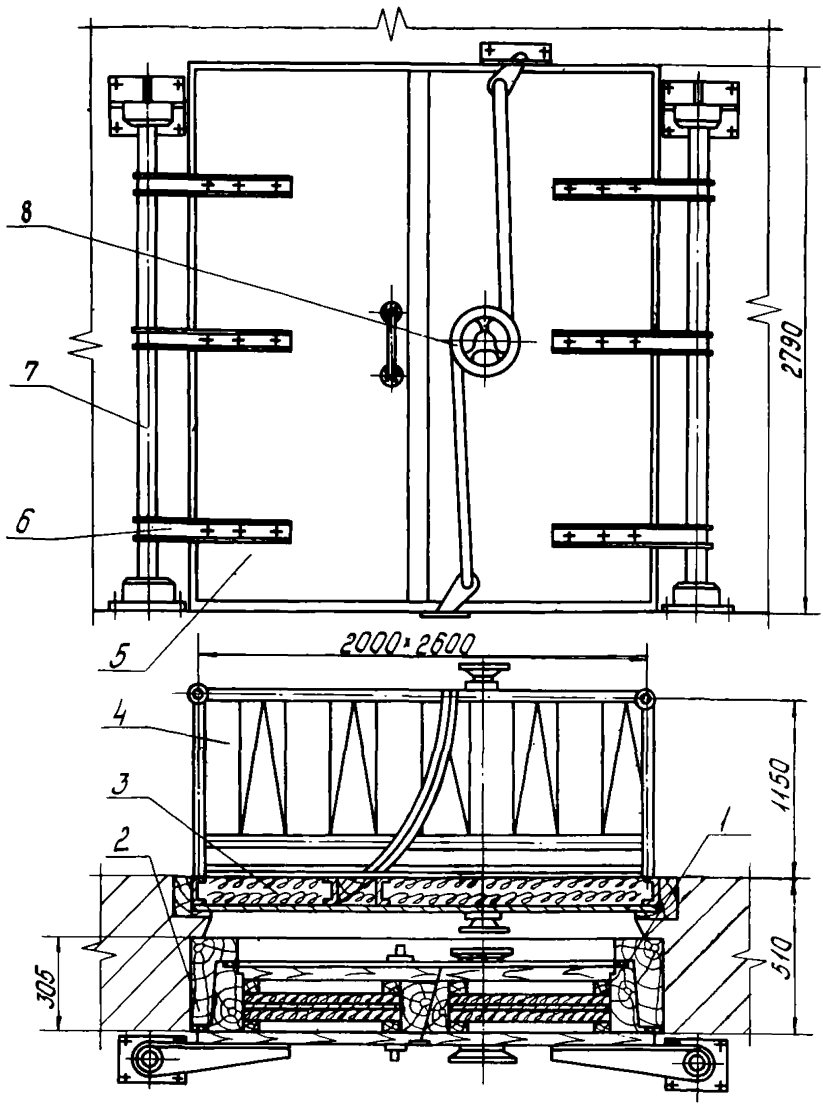


Рис. 21. Большая дверь в заглушенную камеру: 1 – прокладки уплотняющие; 2 – проем двери; 3 – звукопоглощающий мат; 4 – звукопоглощающий клин; 5 – блоки двери; 6 – петля; 7 – стойка; 8 – маховик

Наружные ворота устанавливаются на специальных петлях-кронштейнах и открываются наружу. Конструктивно они представляют собой деревянную раму, заполненную внутри для повышения звукоизоляции слоями войлока и металлическими листами с воздушными промежутками. Притворы сделаны косыми и уплотнены резиновыми прокладками. Ворота имеют две рукоятки, позволяющие закрывать их как изнутри, так и снаружи камеры, а также плотно притягивать к уплотняющим прокладкам.

Внутренние ворота крепятся на шарнирах и открываются внутрь камеры. Конструктивно они представляют собой металлический каркас из стальных труб и уголков. Одна сторона ворот выполнена закругленной, чтобы иметь возможность открывать ее. Звукопоглощающие клинья с внутренней стороны ворот закрыты такой же тканью, как и стены.

4.1.4. Двери в реверберационные камеры

4.1.4.1. Конструкция двери шириной 1 м и высотой 2 м показана на рис. 22. Дверь в камеру представляет собой деревянный блок, подвешенный на петлях. Для увеличения звукоизоляции внутри блока установлены звукопоглощающие маты и металлические листы. Петли двери представляют собой металлические кронштейны, соединенные со стойкой. Для облегчения открывания двери стойка установлена в подшипниках. Регулирование прилегания двери осуществляется за счет пазов опор стойки и кронштейнов петель. Дверь имеет две рукоятки, позволяющие закрывать ее как изнутри, так и снаружи камеры, а также плотно притягивать к уплотняющим прокладкам.

4.1.4.2. Конструкция двери шириной 2 м и высотой 2,6 м показана на рис. 23. Она представляет собой два деревянных блока, подвешенных на специальных петлях. Для увеличения звукоизоляции внутри блоков установлены звукопоглощающие маты из стекловолокна и металлические листы. Притворы сделаны косыми и уплотнены резиновыми прокладками. Петли двери представляют собой металлические кронштейны, соединенные со стойками. Для легкого открывания двери стойки установлены в подшипниках. Дверь имеет два маховика, позволяющие закрывать ее как изнутри, так и снаружи камеры, а также плотно притягивать ее к притворам.

4.1.5. Вентиляционный затвор

4.1.5.1. В реверберационных камерах предусмотрена естественная вентиляция – через дверь и два люка, расположенные в потолке камер. Во время испытаний люки закрываются специальными затворами, представляющими конструкцию из крышки и противовеса, соединенных через блоки тросиком (рис. 24). Блоки крепятся на раме, сваренной из уголков и установленной на внешней стороне потолка камеры. Перемещая противовес по направляющим, которые находятся на внешней сто-

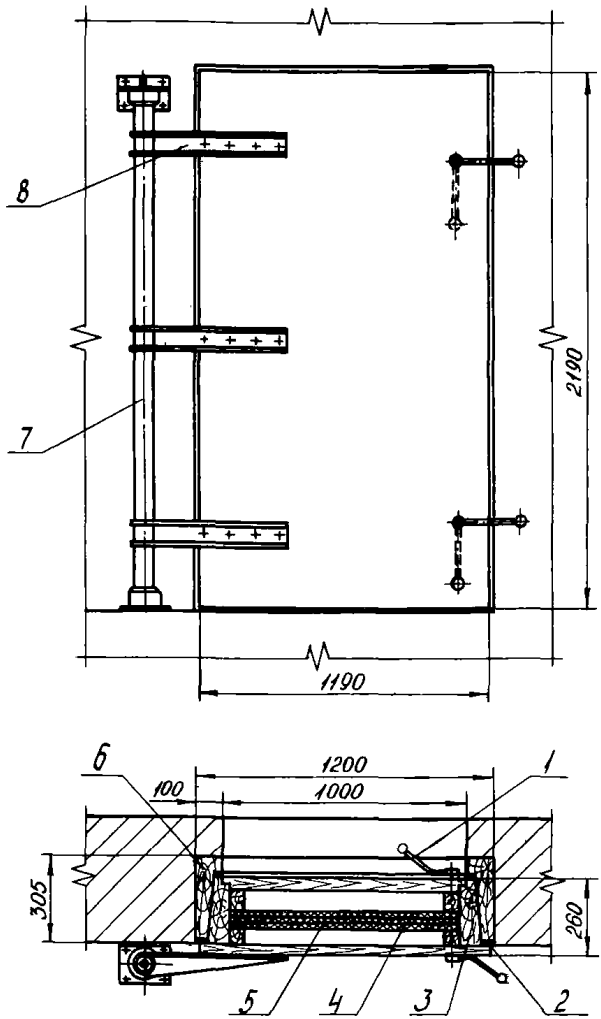


Рис. 22. Малая дверь в реверберационную камеру: 1 – рукоятка; 2 – прокладки уплотняющие; 3 – блок двери; 4 – металлический лист; 5 – звукопоглощающий мат; 6 – проем двери; 7 – стойка; 8 – петля

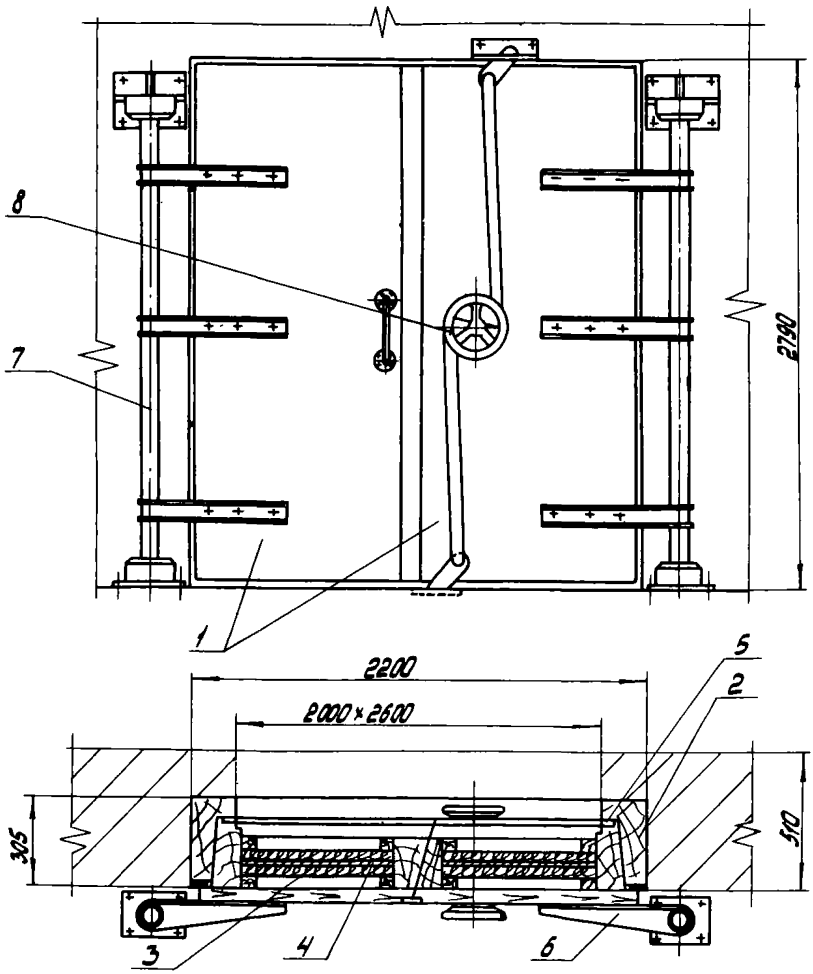


Рис. 23. Большая дверь в реверберационную камеру: 1 – блоки двери; 2 – проем двери; 3 – звукопоглощающий мат; 4 – металлический лист; 5 – прокладки уплотняющие; 6 – петли; 7 – стойка; 8 – маховик

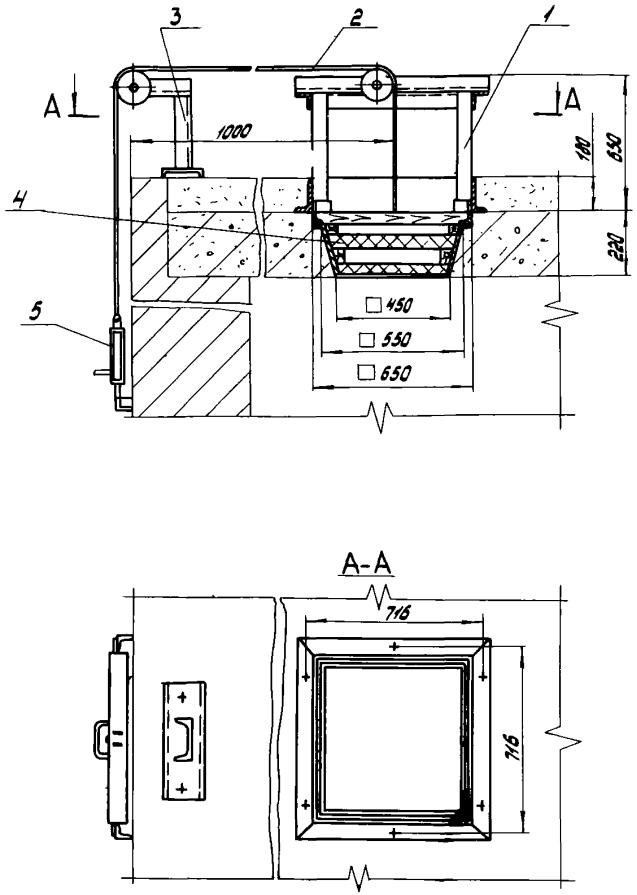


Рис. 24. Вентиляционный затвор: 1 – корпус; 2 – канат стальной; 3 – кронштейн, 4 – затвор; 5 – противовес

роне боковой стены, можно открывать и закрывать вентиляционный люк.

4.1.6. Поворотные платформы

4.1.6.1. Для определения характеристик направленности излучения шума машин и оборудования, испытываемых в заглушенной камере по ГОСТ 8.055–73, необходимо поворотное устройство, обеспечивающее вращение испытуемого объекта на 360° и достаточную грузоподъемность.

4.1.6.2. В центре заглушенной камеры с поглощающим полом может быть установлена поворотная платформа грузоподъемностью до 300 кг, конструкция которой приведена на рис. 25.

Поворотная платформа состоит из съемного стола, стойки и основания. Стол диаметром 750 мм устанавливается на стойку через шлицевое соединение. Для уменьшения отражения звуковых волн поверхность стола покрыта резиной. Вращение стола ручное.

Стойка, выполненная из трубы и оси, установленной в радиальных и упорном подшипниках, крепится болтами к основанию платформы, которое замуровано в несущем полу камеры.

4.1.6.3. В заглушенных камерах с отражающим полом в центре виброизолированного фундамента может быть установлена поворотная платформа, привод которой совмещен с самой платформой или вынесен за пределы камеры.

Рекомендуется применять платформу грузоподъемностью 500 кг, с числом оборотов n = 0,75 об/мин. Вращение платформы должно быть синхронизировано с вращением диска самописца, находящегося в аппаратной.

Поворотная платформа (рис. 26) представляет собой съемный диск диаметром 75 см, установленный на оси. Привод поворотной платформы совмещен с самой платформой, а сверху изолирован специальным щитом. Вращение платформы осуществляется электродвигателем АОЛ21–4, мощностью N – 0,27 кВт, n = 1400 об/мин. через двухступенчатый червячный редуктор с передаточным числом i = 1866.

4.1.6.4. Во время проведения измерений без поворотной платформы ее стол может быть снят во избежание искажений звукового поля.

4.1.7. Координатник для перемещения микрофонов

4.1.7.1. Для перемещения, установки и крепления микрофонов при измерении уровня звукового давления по сфере или полусфере в заглушенной камере по ГОСТ 8.055–73 следует применять специальный координатник.

4.1.7.2. Координатник (рис. 27) состоит из фермы и двух труб, на концах которых закреплены измерительные микрофоны. Ферма выполнена из дюралюминиевых швеллеров, трубы, закрепленной в центре, и

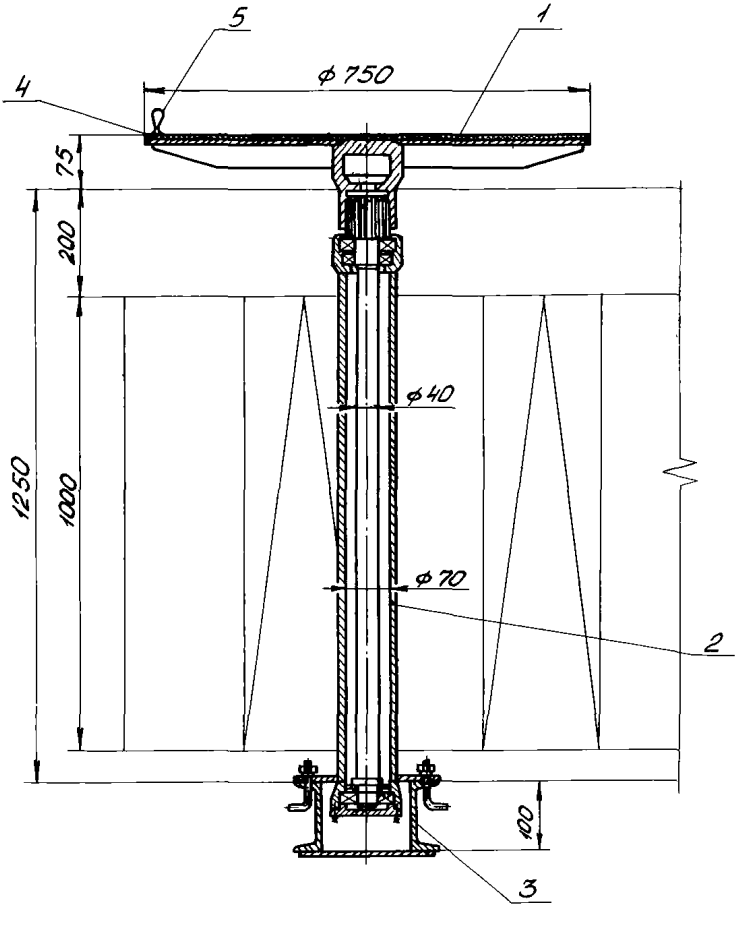


Рис. 25. Поворотная платформа без привода: 1 – съемный диск; 2 – стойка; 3 – основание; 4 – резина; 5 – ручка

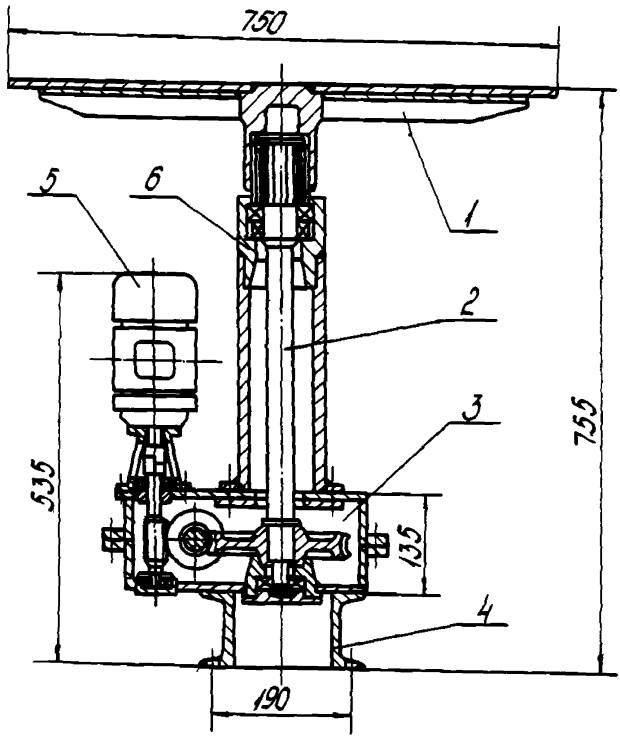


Рис. 26. Поворотная платформа с приводом: 1 – съемный стол; 2 –ось; 3 – червячный двухступенчатый редуктор; 4 – основание; 5 – электродвигатель; 6 – стойка

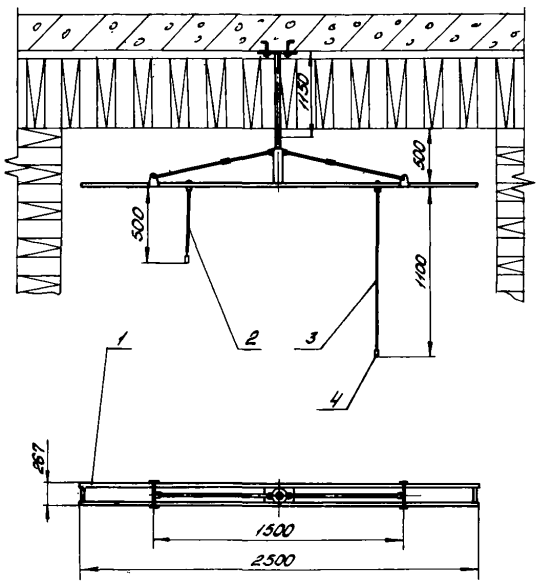


Рис. 27. Координатник для крепления и перемещения микрофонов в заглушенных камерах: 1 – ферма; 2,3 – телескопические устройства; 4 – измерительный микрофон

тяг. По швеллерам перемещаются тележки, несущие на себе трубы. На концах труб хомутиками крепятся измерительные микрофоны.

Все устройство крепится к потолку камеры и имеет возможность вращаться вокруг вертикальной оси, установленной в двух радиальных и одном упорном подшипниках качения.

4.1.8. Тележка для перемещения микрофонов

4.1.8.1. Для установки, крепления и перемещения микрофона в измерительные точки рабочей области отраженного звукового поля реверберационной камеры следует применять специальную тележку.

4.1.8.2. Тележка (рис. 28) состоит из большой и маленькой тележек и телескопического приспособления. Большая тележка перемещается вдоль камеры по натянутым стальным канатикам. Внутри нее в направлении, перпендикулярном движению, на расстоянии 2 м перемещается маленькая тележка, на которой закреплено телескопическое приспособление. На конце телескопического устройства с помощью хомутика крепится измерительный микрофон, который может перемещаться в вертикальном направлении на расстоянии 1 м и фиксироваться в нужном положении.

Большая и маленькая тележки постоянно находятся в заторможенном состоянии. Для их перемещения через систему тросиков необходимо освободить колодки тормозов.

4.2. Аппаратные

4.2.1. Рядом с акустическими камерами должны быть расположены аппаратные площадью 20–60 м^2 в зависимости от размеров камер и их назначения. Они должны обеспечивать удобное размещение измерительной аппаратуры и ее использование.

4.2.2. В аппаратных размещают пульты управления испытываемых машин, механическое оборудование камер, рабочие места обслуживающего персонала, лабораторные столы, шкафы для хранения приборов, щитки электропитания и водопроводный кран. Аппаратные должны быть оборудованы двухсторонней громкоговорящей связью с акустическими камерами. Для этого могут быть использованы серийные переговорные устройства типа ПУ-1 (Пермский телефонный завод). В крайнем случае должна быть установлена световая сигнализация.

4.3. Электротехническое оборудование

4.3.1. Внутри камер и аппаратных предусматривают установку коммутационных щитков для подключения аппаратуры. Вводы и выводы измерительных каналов выполняют в стальных трубах отдельно для излучающего и приемного трактов.

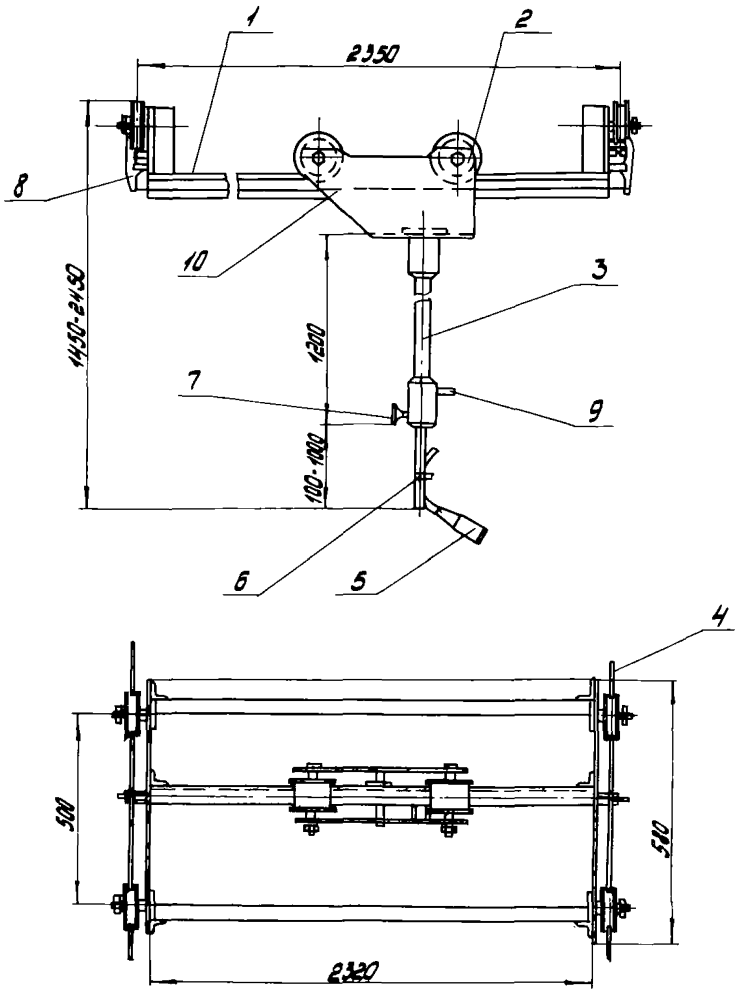


Рис. 28. Тележка для крепления и перемещения микрофона: 1 – большая тележка; 2 – малая тележка; 3 – телескопическое устройство; 4 – стальной канат; 5 – измерительный микрофон; 6 – хомут; 7 – фиксатор; 8 – тормоз; 9 – педаль; 10 – тросик

4.3.2. В камеры подводят силовые кабели для подключения механического оборудования. Прокладку силовых кабелей выполняют также в стальных трубах отдельно от измерительных каналов.

4.3.3. Камеры, аппаратные и вспомогательные помещения должны иметь заземляющие шины, подключенные к общему контуру заземления. Подключение отдельных элементов электрооборудования, равно как и осветительной сети, производится к распределительным щитам серийного производства, установленным внутри помещения.

4.3.4. Для перемещения испытываемых машин в звукомерных камерах и в аппаратных или вспомогательных помещениях устанавливают электротельферы типа ТЭ (ГОСТ 3472-63) соответствующей грузоподъемности и снабжают камеры электротележками типа ЭК-2.

4.4. Санитарно-техническое оборудование

4.4.1. Освещение акустических камер и аппаратных должно соответствовать санитарным нормам при работе с приборами. В качестве светильников в камерах устанавливают патроны с лампами накаливания без плафонов.

4.4.2. Температура и давление в акустических камерах и в аппаратных должны быть нормальными. Внутри камер отопительные приборы не устанавливаются. Отапливаются только смежные с ними помещения и аппаратные. Отопительные приборы устанавливают также в проходах между стенами камер и основного здания.

4.4.3. В акустических камерах должна быть предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция с глушителями шума или естественная - через дверь и люки, расположенные в потолке камер, которые во время испытаний закрываются специальными затворами (см. п. 4.1.5).

4.5. Пожарная безопасность

4.5.1. Все деревянные детали в акустических камерах должны быть обработаны огнезащитной глубокой пропиткой.

4.5.2. В камерах,а также в аппаратной должны быть установлены датчики пожарной безопасности, подключенные к общей сигнализации.

4.5.3. В заглушенных камерах целесообразно предусмотреть автоматическое газовое пожаротушение.

5. ИСПЫТАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ КАМЕР

5.1. Методика испытания заглушенных камер

5.1.1. После того, как акустические камеры построены, они должны быть испытаны и аттестованы органами Государственного комите-

та стандартов Совета Министров СССР с выдачей соответствующего свидетельства.

5.1.2. При испытании заглушенных камер определяют:

а) неравномерность звукового поля;

б) уровни помех;

в) максимальные размеры машин, шумовые характеристики которых могут быть определены в камере с заданной допустимой погрешностью.

5.1.3. Конструктивные параметры и акустические характеристики камер должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8.055-73.

5.1.4. При испытании заглушенных камер основным является определение неравномерности звукового поля. Наиболее простым и точным методом определения неравномерности звукового поля является проверка закона спада уровня звукового давления в зависимости от изменения расстояния между источником и приемником звука, т.е. закона обратной пропорциональности. Если в камере отсутствуют отражения, то этот закон должен соблюдаться вплоть до расстояний, на которые позволяют удаляться размеры камеры.

5.1.5. Определение неравномерности звукового поля производят с помощью образцового или вспомогательного источника шума. Образцовый источник шума должен быть широкополосным, ненаправленным и малогабаритным. В качестве вспомогательного источника используют громкоговоритель. Образцовый источник шума отличается от вспомогательного тем, что имеет известные значения уровней звуковой мощности в октавных полосах частот.

5.1.6. В заглушенной камере с отражающим полом вспомогательный или образцовый источник шума устанавливают (рис. 29) на полу в центре камеры и измеряют характеристику спада уровня звукового давления в полосах частот в зависимости от расстояния от центра источника. Измерения производят в направлении радиусов, проходящих не менее чем через 8 измерительных точек, расположенных на полусфере. Расстояние точек измерения от центра источника (центр источника соответствует проекции геометрического центра на плоскость основания) r = 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0; 2,8; 4,0; 5,6 и т.д.

5.1.7. В центре камеры с поглощающим полом размещают источник шума. Измерения проводят также, как и в камере с отражающим полом, только по сфере. Количество измерительных точек должно быть не менее 16.

5.1.8. Приемный тракт (рис. 30) должен состоять из ненаправленного микрофона, усилителя и полосовых фильтров, а в отдельных случаях - логарифмического самописца уровня. Частотный диапазон измерений 63-8000 Гц.

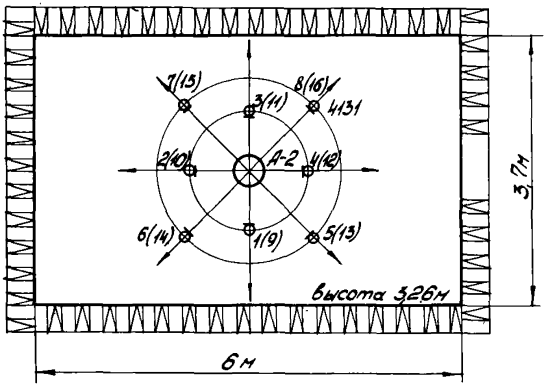


Рис. 29. Размещение точек измерений неравномерности звукового поля в заглушенной камере

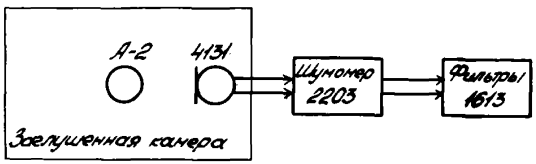


Рис. 30. Структурная схема измерений неравномерности звукового поля в заглушенной камере

5.1.9. Качество звукового поля считают удовлетворительным, если экспериментальные значения спада уровня звукового давления отличаются от теоретических значений, соответствующих закону $1/r$, не более чем на величину допустимой погрешности в заданном классе точности измерений.

5.1.10. Неравномерность звукового поля в каждой октавной полосе частот вычисляют по формуле

$$\Delta L = L_o - L_{теор},$$

где L_o – значение среднего уровня звукового давления ($\bar{L}$) относительно нулевого значения, выбранного при $r_o = 1$ м, дБ;

$L_{теор}$ – теоретическое значение уровня звукового давления относительно нулевого значения, выбранного при $r_o = 1$ м, дБ (см. табл. 3).

Средний уровень звукового давления вычисляется по формуле

$$\bar{L} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 L_i} \right) - 10 \lg n,$$

где L_i $(i = 1,2 \ldots n)$ – уровень звукового давления в i-й точке измерения, дБ;

n – количество точек измерения.

Если усредняемые уровни звукового давления отличаются друг от друга менее чем на 5 дБ, то за средний уровень принимается среднее арифметическое значение этих уровней.

Таблица 3

Значение $L_{теор}$ для расстояний r

r, м	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	5,6
$L_{теор}$, дБ	-6	-3	0	3	6	9	12	15

5.1.11. Уровни помех определяют в октавных полосах частот всего диапазона измерений. Полученные результаты представляют в виде таблиц или графиков.

5.2. Методика испытания реверберационных камер

5.2.1. При испытании реверберационных камер определяют:

а) неравномерность звукового поля;

б) частотные характеристики времени реверберации;

в) уровни помех;

г) максимальные размеры машин, шумовые характеристики которых могут быть получены с заданной допустимой погрешностью.

5.2.2. Конструктивные параметры и акустические характеристики камер должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8.055-73.

5.2.3. Основным методом испытания реверберационных камер является определение неравномерности звукового поля.

5.2.4. Вспомогательный или образцовый источник шума при определении неравномерности звукового поля в камере устанавливают на месте расположения машины при ее испытании (рис. 31).

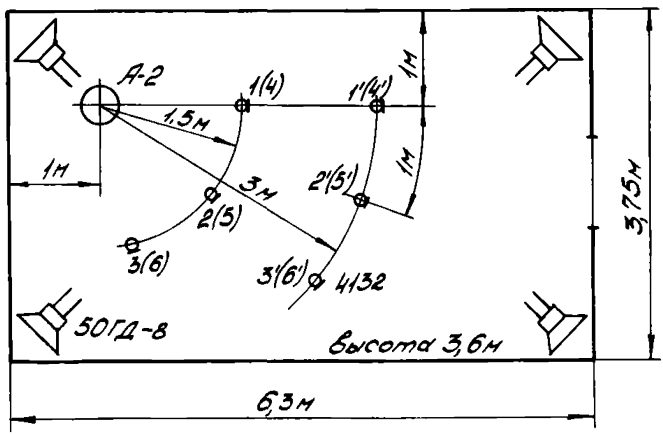


Рис. 31. Расположение точек измерений неравномерности звукового поля и времени реверберации в реверберационной камере

5.2.5. Измеряют уровни звукового давления в октавных полосах со средними частотами 125-8000 Гц не менее чем в пяти точках на расстоянии 1/3 $V^{1/3}$ от источника шума не менее $\lambda/4$ (λ - длина волны нижней граничной частоты измерений) от одной точки до дру-

гой и от ограждений камеры. Затем точки располагаются соответственно на расстоянии 2/3 $V^{1/3}$. Разность средних уровней, измеренных в первом и во втором случаях, не должна превышать допустимой погрешности в заданном классе точности измерений.

5.2.6. Неравномерность звукового поля в реверберационной камере в октавной полосе частот определяют по формуле

$$\Delta L = \bar{L}_{1/3} - \bar{L}_{2/3} ,$$

где $\bar{L}_{1/3} = \frac{1}{n} \sum L_{i\,1/3}$ – средний уровень звукового давления в октавной полосе частот в точках на расстоянии 1/3 $V^{1/3}$, дБ;

$\bar{L}_{2/3} = \frac{1}{n} \sum L_{i\,2/3}$ – то же в точках на расстоянии 2/3 $V^{1/3}$, дБ;

$L_{i\,1/3}$ – уровень звукового давления в октавной полосе частот в i -й точке измерения на расстоянии 1/3 $V^{1/3}$, дБ;

$L_{i\,2/3}$ – то же в i -й точке измерения на расстоянии 2/3 $V^{1/3}$, дБ.

5.2.7. В реверберационных камерах определяют частотные характеристики времени реверберации. Звуковое поле в камере при измерении времени реверберации создается одним или несколькими громкоговорителями, имеющими по возможности меньшую направленность. Громкоговорители располагаются в трехгранных углах камеры таким образом, чтобы можно было создать равномерное звуковое поле. Для возбуждения звукового поля следует применять полосы "белого" шума шириной не более одной октавы или воющий тон. Измерение следует проводить не менее чем в трех точках камеры и в каждой точке должно быть сделано не менее двух удовлетворительных записей спада уровня звукового давления.

5.2.8. Приемный тракт (рис. 32) должен состоять из ненаправленного микрофона, усилителя, полосовых фильтров и логарифмического самописца уровня.

5.2.9. Внутри реверберационных камер измеряют уровни помех в октавных полосах частот. Полученные результаты представляют в виде таблиц или графиков.

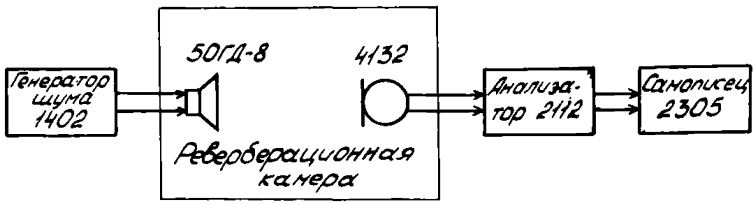


Рис. 32. Структурная схема измерений неравномерности звукового поля и времени реверберации в реверберационной камере

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН

6.1. Определение шумовых характеристик машин

6.1.1. В соответствии с ГОСТ 8.055–73 устанавливаются четыре метода определения шумовых характеристик машин:

I – метод свободного звукового поля (является предпочтительным);

II – метод отраженного звукового поля;

III – метод образцового источника шума;

IУ – метод измерения шумовых характеристик машин на расстоянии 1 м от наружного контура машины.

6.1.2. В заглушенных камерах применяются I и IУ методы определения шумовых характеристик машин, в реверберационных – II и III методы.

6.1.3. Метод определения шумовых характеристик конкретной машины должен быть указан в технической документации, утвержденной в установленном порядке.

6.1.4. Определение шумовых характеристик машин по 1 методу.

6.1.4.1. При измерении в заглушенной камере с отражающим полом машина должна быть установлена в середине жесткого пола на фундаменте или, по возможности, на поворотном устройстве. Точки измерения должны находиться на полусферической измерительной поверхности, а главная ось микрофона направлена в центр поверхности. Центр измерительной поверхности должен примерно совпадать с проекцией геометрического центра машины на пол камеры. При полусферическом излучении следует выбрать 8 точек измерения. Расположение точек измерения дано на рис. 2.

6.1.4.2. При измерении в заглушенной камере с поглощающим полом машина должна быть размещена так, чтобы точки измерения были расположены по сферической измерительной поверхности. Центр измерительной поверхности должен примерно совпадать с геометрическим центром машины, а главная ось микрофона – проходить через центр измерительной поверхности. При сферическом излучении следует выбрать 16 точек измерения.

6.1.4.3. Минимальное расстояние от поверхности машины до измерительной сферы или полусферы должно быть не менее $2\,\ell_{макс}$ ($\ell_{макс.}$ – наибольший размер машины) и не менее 0,25 м. Расстояние от измерительных точек до звукопоглощающей облицовки не должно быть менее 1 м.

6.1.4.4. Если разность между наибольшим и средним уровнями на измерительной поверхности превышает 5 дБ, то число точек измерения должно быть удвоено (16 на полусферической поверхности и 32 на сферической поверхности).

6.1.4.5. Измерение характеристики направленности должно проводиться при непрерывном вращении или через каждые 30° поворота машины либо микрофона при неизменном расстоянии между точкой измерения и осью вращения.

6.1.4.6. Если уровень сигнала колеблется во времени более чем на ±3 дБ, то в каждой точке измерения микрофон должен оставаться на время, достаточное для определения эквивалентного уровня.

6.1.4.7. Октавный уровень звуковой мощности L_p в дБ вычисляется по формуле

$$L_p = L_m + 10\,\lg\frac{S}{S_1},$$

где L_m – средний октавный уровень звукового давления на измерительной поверхности в данной октаве, дБ;

S – площадь измерительной поверхности, $м^2$;

$S_1 = 1\ м^2$.

6.1.4.8. Октавный уровень звукового давления на опорном радиусе при измерении по полусферической поверхности вычисляется по формуле

$$L_x = L_m + 20\,\lg\frac{r_s}{R_x},$$

где L_m – средний октавный (в данной октаве) уровень звукового давления или средний уровень на измерительной поверхности, дБ;

R_x – опорный радиус, м;

r_S – радиус измерительной поверхности.

При измерении по сферической поверхности к вычисленному по формуле значению следует добавить 3 дБ. Уровень звука L_{xA}, вычисленный по аналогичной формуле, измеряется в дБА.

6.1.4.9. Уровень звука L_{d_1A} на расстоянии 1 м от наружного контура машины в дБА или октавный уровень звукового давления в дБ на расстоянии 1 м от наружного контура для машин с размером $l_{макс} \leqslant$ 0,75 м, без учета отдельных выступающих частей, при размещении машины в заглушенной камере с отражающим полом

$$L_{d_1} = L_m + 20 \lg \frac{r_{S_1}}{r_S},$$

где r_{S_1} – эквивалентный радиус, м, при $d_1 = 1$ м, вычисляется по формуле

$$r_S = \sqrt{\frac{a(b+c)}{2}},$$

здесь $a = \frac{l_1}{2} + d$; $b = \frac{l_2}{2} + d$; $c = l_3 + d$,

l_1, l_2, l_3 – основные габаритные размеры машины, d – расстояние от наружного контура машины до измерительной поверхности, м.

При размещении машины в заглушенной камере с поглощающим полом к вычисленному по формуле значению L_{d_1} следует добавить 3 дБ.

6.1.5. Определение шумовых характеристик по II методу

6.1.5.1. При измерении в реверберационной камере машина должна быть установлена на фундаменте. Расстояние от наружного контура машины до ограждающих поверхностей камеры не должно быть менее 1 м, в обоснованных случаях допускается меньшее расстояние.

Размещение измерительных точек и машины в реверберационной камере показано на рис. 12. При измерениях микрофон не должен быть ориентирован в направлении источника шума.

6.1.5.2. Октавный уровень звуковой мощности L_p в дБ вычисляется по формуле

$$L_p = L_m + 10\lg\frac{A}{A_1} - 6 + 10\lg\frac{1+\frac{S_v\cdot\lambda}{8V}}{1-\frac{A}{S_v}},$$

где L_m – средний октавный уровень звукового давления, дБ;

A – эквивалентная площадь звукопоглощения для данной октавы, $м^2$;

$A_1 = 1\ м^2$;

S_v – площадь ограждающих поверхностей помещения, $м^2$;

V – объем помещения, $м^3$;

λ – длина волны, соответствующая среднегеометрической частоте октавы, м.

6.1.5.3. Октавный уровень звукового давления на опорном радиусе в дБ вычисляется по формуле

$$L_x = L_m + 10\lg\frac{A}{A_1} - 20\lg\frac{R_x}{R_1} - 14 + 10\lg\frac{1+\frac{S_v\cdot\lambda}{8V}}{1-\frac{A}{S_v}},$$

где $L_m, A, A_1, \lambda, S_v, V$ соответствуют указанным выше;

R_x – опорный радиус, м;

$R_1 = 1$ м.

6.1.6. Определение шумовых характеристик по III методу

6.1.6.1. Машина должна быть установлена в помещении так, чтобы ее наружная поверхность была не ближе 1 м от ограждающих поверхностей помещения.

6.1.6.2. Точки измерения выбираются в соответствии с п. 6.1.5.1.

6.1.6.3. Октавные уровни звукового давления определяют в измерительных точках при включенной машине и вычисляют средние значения уровней. Затем вместо машины устанавливают образцовый источник шума. Если машина не может быть при этом убрана, то образцовый источник помещают в непосредственной близости от нее сверху. Измеряют октавные уровни звукового давления в тех же измерительных точках и вычисляют средние значения уровней.

6.1.6.4. Октавный уровень звуковой мощности машины L_p в дБ рассчитывается по формуле

$$L_p = L_m - L_{mR} + L_{PR},$$

где L_m – измеренный средний октавный уровень звукового давления для машины, дБ;

L_{mR} – измеренный средний октавный уровень звукового давления для образцового источника шума, дБ;

L_{PR} – октавный уровень звуковой мощности согласно паспорту образцового источника, дБ.

6.1.6.5. Октавный уровень звукового давления L_x в дБ на опорном радиусе R_x при измерении по полусферической поверхности вычисляют по формуле

$$L_x = L_m - L_{mR} + L_{PR} - 20 \lg \frac{R_x}{R_1} - 8.$$

При измерении по сферической поверхности к полученному по формуле значению L_x следует добавить 3 дБ.

6.1.7. Определение шумовых характеристик машин по 1У методу

6.1.7.1. Микрофоны должны быть расположены равномерно на измерительной поверхности, соответствующей наружному контуру машины (см. рис. 33). Расстояние точек измерения от наружного контура машины должно составлять $1^{+0,5}_{-0,1}$ м. При определении наружного контура не учитывают отдельные выступающие части машины, не создающие шум.

Количество точек измерения должно быть выбрано так, чтобы разность уровней в соседних точках не превышала 5 дБ, но не менее 8 точек при полусферическом излучении и не менее 16 точек при сферическом излучении, если в стандартах на машину нет других указаний.

6.1.7.2. Октавный уровень звуковой мощности L_p в дБ вычисляют по формуле

$$L_p = L_{m_1} + 10 \lg \frac{S}{S_1},$$

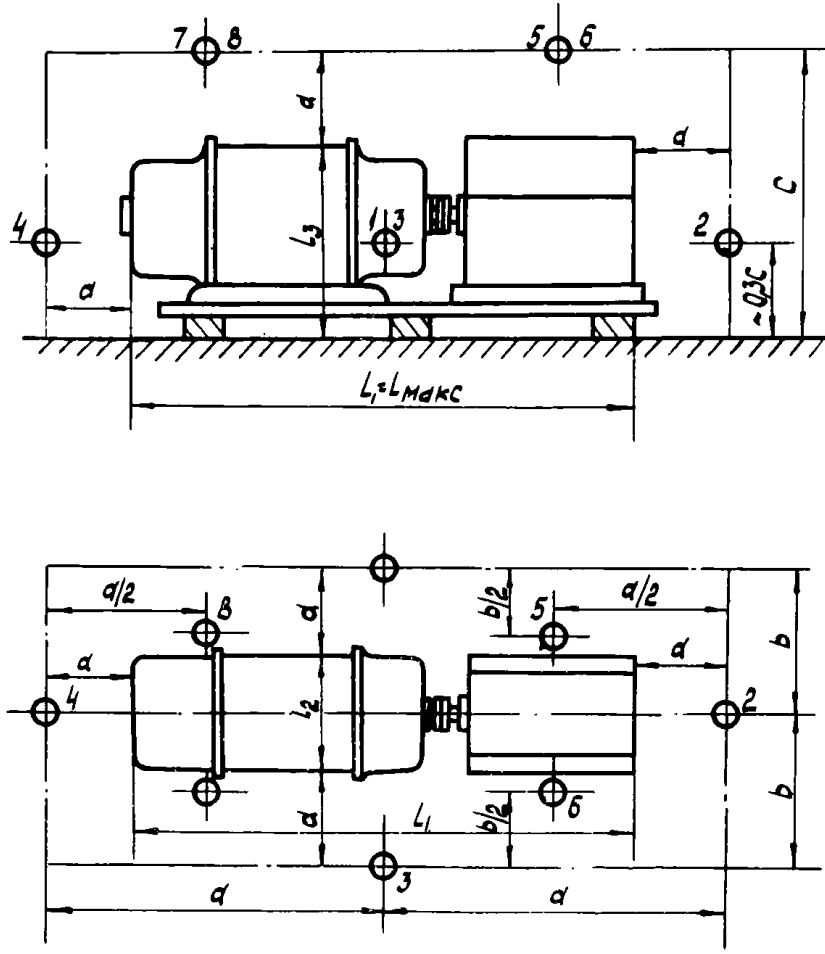


Рис. 33. Расположение измерительных точек и машины при измерении на расстоянии d = 1 м от наружного контура машины

где L_{m_1} – средний октавный уровень звукового давления в данной октаве на измерительной поверхности, расположенной на расстоянии 1 м от наружного контура машины, дБ;

$S = \pi a (b+c)$ – площадь измерительной поверхности, $м^2$;

Величины a, b, c указаны на рис. 33, $S_1 = 1\ м^2$.

6.1.7.3. Октавный уровень звукового давления L_x в дБ на опорном радиусе R_x вычисляют по формуле

$$L_x = L_{m_1} + 20 \lg \frac{r_s}{R_x},$$

где L_{m_1} – средний октавный уровень звукового давления, дБ;

R_x – опорный радиус, м;

r_s – эквивалентный радиус, м.

Уровень звука L_{xA} в дБ вычисляют по аналогичной формуле, L_{m_1} в этом случае означает средний уровень звука на измерительной поверхности в дБА.

6.2. Нормирование шумовых характеристик машин

6.2.1. Нормирование шумовых характеристик машин должно осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.003-76 (раздел 4).

6.2.2. Цели нормирования шумовых характеристик машин:

– обеспечение условий труда, при которых шум, воздействующий на работающих, не превышает предельно допустимых уровней, установленных соответствующими стандартами или санитарными нормами;

– получение объективных данных о шумовых характеристиках машин, позволяющих проектным организациям рассчитывать ожидаемый шумовой режим в производственных помещениях;

– обеспечение оценки конструктивного совершенства и качества изготовления машин с точки зрения параметров шума и повышение их конкурентоспособности за рубежом.

6.2.3. Значения шумовых характеристик и методы их контроля должны указываться в разделах требований безопасности стандартов и технических условий на конкретные машины, а для однородной продукции, на которую могут быть установлены единые шумовые характеристики – в отдельных стандартах на шумовые характеристики видов машин или методы их контроля.

6.2.4. Режим работы машины и условия ее испытаний, при которых устанавливается шумовая характеристика, должны воспроизводить или имитировать типовые условия эксплуатации, выбираемые из предусмотренных назначением машины по нормативно-технической документации.

6.2.5. Основной шумовой характеристикой машины является октавный уровень звуковой мощности в диапазоне частот 63–8000 Гц, определенный по ГОСТ 8.055–73. Допускается использование других шумовых характеристик, установленных стандартами на нормы и методы измерения шумовых характеристик для конкретных видов машин.

6.2.6. Предельно допустимые значения шумовых характеристик машин (ПДШХ) следует устанавливать исходя из требований обеспечения на рабочих местах допустимых уровней шума в соответствии с основным назначением машины (в типовых условиях эксплуатации), а также требованиями раздела 2 ГОСТ 12.1.003–76 или других нормативов по ограничению шума, воздействующего на человека (для помещений непроизводственного назначения).

6.2.7. В случае, если фактические значения шумовых характеристик машин, соответствующих лучшим мировым достижениям аналогичной техники, превышают значения, установленные в соответствии с п. 6.2.6, то в стандарты и (или) технические условия на машины допускается вводить согласованные в установленном порядке технически достижимые шумовые характеристики (ТДШХ) этих машин, которые должны быть обоснованы:

- результатами измерений шумовых характеристик машин;
- данными об уровнях звуковой мощности лучших машин, выпускаемых в странах СЭВ и капиталистических странах;
- анализом способов и средств снижения шума, используемых в машине;
- мероприятиями по снижению шума до уровня, соответствующего п. 6.2.6. настоящих указаний.

6.2.8. Значения ПДШХ устанавливаемой в уровнях звуковой мощности в октавных полосах частот, рассчитываются по формуле

$$L_{Pi} = L_i + 10 \lg \frac{S}{S_1} - \Delta L ,$$

где L_{Pi} – уровень звуковой мощности машины в i -й октаве, принимаемый в качестве предельно допустимой шумовой характеристики, дБ;

L_i – предельно допустимый уровень звукового давления в i-й октаве на рабочих местах по ГОСТ 12.1.003–76 или в местах нахождения человека по соответствующим нормативам, дБ;

$S_1 = 1$ м^2;

S – площадь измерительной поверхности, м^2;

$\Delta L = 0$ – при установке в помещении только одной машины;

$\Delta L = 10$ дБ – при групповой установке машин (ориентировочно).

Если фактические величины октавных уровней звукового давления на рабочих местах при типовых условиях эксплуатации машины меньше установленных ГОСТ 12.1.003–76, они должны быть подставлены в приведенную формулу в качестве L_i.

6.2.9. Значения ПДШХ, устанавливаемой в уровнях звукового давления в октавных полосах частот, не должны превышать в контрольных точках на рабочих местах и в кабинах значений, допустимых по ГОСТ 12.1.003–76.

6.2.10. Значения ПДШХ для внешнего шума машин, воздействующего в типовых условиях эксплуатации на смежные постоянные рабочие места, должны определяться так, чтобы эквивалентные уровни звука в дБА в течение рабочей смены на этих местах не превышали значений, установленных ГОСТ 12.1.003–76.

Пример акустического расчета заглушенных камер

Расчет основных параметров и характеристик заглушенной камеры I типа проводится по следующим исходным данным:

- метод измерения – в свободном поле по полусферической поверхности;
- максимальные габаритные размеры испытываемых машин

$$\ell_{макс} = 2{,}5 \text{ м};$$

- нижняя граничная частота $f_{гр} = 63$ Гц;
- промышленные измерения, соответствующие II классу точности.

Определяем:

1) радиус измерительной полусферы

$$r = 2{,}5\,\ell_{макс} \approx 6 \text{ м};$$

2) размеры свободного пространства заглушенной камеры

длина

$$a = 3{,}74\,\ell_{макс} + 2{,}2 \approx 12 \text{ м};$$

ширина

$$b = 3{,}4\,\ell_{макс} + 2 \approx 11 \text{ м};$$

высота

$$h_0 = 1{,}88\,\ell_{макс} + 1 \approx 6 \text{ м};$$

3) общую площадь внутренних поверхностей камеры со звукопоглощающей облицовкой

$$S_0 = ab + 2ah + 2bh = 408 \text{ м}^2.$$

Исходя из нижней граничной частоты измерений и необходимого коэффициента звукопоглощения $\alpha \geqslant 0{,}8$, выбираем клинья типа КЗК-1,0 (см. рис. 3а), которые устанавливаются с заклиновым промежутком 15 см.

Предварительно находим максимальную неравномерность звукового поля в точках на измерительной полусфере по графикам рис. 5а и сопоставляем ее с допустимой. В данном случае максимальная неравномерность приближенно составляет 2 дБ, что соответствует II классу точности.

Внутренние размеры камеры до облицовки звукопоглощающими клиньями:

длина

$$A' = a + 2\ell = 14{,}3 \text{ м},$$

где ℓ = 1,15 м – длина клина с заклиновым промежутком;

ширина

$$B' = b + 2\ell = 13{,}3 \text{ м},$$

высота

$$H_0' = h_0 + \ell = 7{,}15 \text{ м}.$$

Выбираем кирпичные стены толщиной C = 64 см (в 2,5 кирпича) и железобетонный потолок толщиной C_1 = 50 см, тогда наружные размеры заглушенной камеры:

длина

$$A = A' + 2C \approx 15{,}6 \text{ м},$$

ширина

$$B = B' + 2C \approx 14{,}6 \text{ м},$$

высота

$$H_0 = H_0' + C_1 \approx 7{,}7 \text{ м}.$$

По уточненным данным рассчитываем максимальную неравномерность звукового поля в точках на измерительной полусфере

$$\pm \Delta L = 10 \lg \left(1 + \frac{8\pi r^2}{S_0} \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha}\right) \approx 2 \text{ дБ}.$$

Принимая погрешность измерительного прибора $\sigma_п$ = 2 дБ, находим ориентировочную среднеквадратическую погрешность ряда измерений в одной точке

$$\sigma = \sqrt{\sigma_п^2 + \Delta L^2} = 2{,}83 \text{ дБ}$$

и погрешность результата при измерениях в восьми точках

$$\sigma_{пи} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 1 \text{ дБ}.$$

Вероятное расхождение результатов измерений $3\sigma_{пи} = 3$ дБ, что соответствует II классу точности (менее 5 дБ).

Рассчитываем требуемую изоляцию от воздушного шума ограждений заглушенной камеры, считая что устройство камеры будет осуществлено в помещении. Принимаем средний уровень звукового давления в помещении на граничной частоте $L_{ср} = 70$ дБ, площадь поверхности заглушенной камеры, $S_m = 100$ м^2, и число ограждений, через которые проникает шум, $m = 1$, допустимый уровень звукового давления в заглушенной камере на граничной частоте $L_{доп} = 30$ дБ

$$R_в = L_{ср} + 10 \lg S_m + 10 \lg m - L_{доп} = 60 \text{ дБ}.$$

Средняя изолирующая способность от воздушного шума выбранных ограждений камеры при $Q = 1070$ кг/м^2

$$R_в = 23 \lg Q - 9 = 61 \text{ дБ}.$$

Собственная частота колебаний заглушенной камеры при статической осадке $X_{ст} = 1$ см, которую испытывает коробка камеры под действием собственного веса 1850 т при площади опоры 228 м^2,

$$f_o = \frac{5}{\sqrt{X_{ст}}} = 5 \text{ Гц}.$$

Таким образом, заглушенная камера рассчитанных параметров позволяет проводить измерения шумовых характеристик машин с максимальными размерами 2,5 м во всем диапазоне частот и обеспечивает требуемую точность.

Пример акустического расчета реверберационных камер

Произведем акустический расчет основных параметров и характеристик реверберационной камеры 1 типа со следующими исходными данными:

- метод измерения – в отраженном звуковом поле;
- максимальные габаритные размеры испытываемых машин $\ell_{макс}$ = = 2,5 м;
- нижняя граничная частота $f_{гр}$ = 125 Гц;
- промышленные измерения, соответствующие II классу точности.

Определяем:

1) минимальные внутренние размеры реверберационной камеры:

длина

$$a = 2\lambda/4 + 2\ell_{макс} = 7\ м,$$

где

$$\lambda/4 = \frac{c/f_{гр}}{4} \approx 1\ м$$

или

$$a = \lambda/4 + 2\ell_{макс} + \sqrt{2^2 - (\lambda/4)^2} \approx 8\ м;$$

ширина

$$b = 2\lambda/4 + \ell_{макс} = 4{,}5\ м$$

или

$$b = 6\lambda/4 = 6\ м;$$

высота

$$h = \ell_{макс} + \lambda/4 = 3{,}5\ м$$

или

$$h = 2\sqrt{2^2 - (\lambda/4)^2} = 3{,}5\ м;$$

2) конфигурацию реверберационной камеры и ее внутренние средние размеры с учетом конструктивных соображений

$$a \times b \times h = 8{,}5 \times 5{,}5 \times 4{,}3\ м;$$

3) объем реверберационной камеры

$$V = abh = 200\ м^3;$$

4) площадь ограждающих поверхностей

$$S = 2ab + 2ah + 2bh = 213\ м^2;$$

5) общее звукопоглощение для нижней граничной частоты

$$A = \alpha S = 4,3\ м^2$$

(принимая α = 0,02 для $f_{гр}$).

Проверяем удаление точек измерения от машины

$$r = \sqrt{A/5} \approx 1 < 2,5\ м.$$

Выбираем кирпичные стены толщиной С = 0,51 м (в 2 кирпича) и железобетонный потолок C_1 = 0,40 м и определяем средние наружные размеры камеры:

длина

$$A = a + 2C \approx 9,5\ м,$$

ширина

$$B = b + 2C \approx 6,5\ м,$$

высота

$$H = h + C_1 \approx 5\ м.$$

Выбираем конфигурацию реверберационной камеры со следующими максимальными наружными размерами

$$A \times B \times H = 10 \times 7 \times 5,2\ м.$$

Время реверберации в камере для нижней граничной частоты измерений

$$T = \frac{0,161V}{A} = 7,5\ с.$$

Рассчитываем:

1) неравномерность звукового поля в объеме реверберационной камеры

$$\Delta L = \frac{16,1}{\sqrt{T\Delta f}} \approx 1\ дБ;$$

2) ориентировочную среднеквадратическую погрешность ряда измерений в одной точке при погрешности измерительного прибора $\sigma_п$ = = 2 дБ

$$\sigma = \sqrt{\sigma_п^2 + \Delta L^2} = 2{,}24 \text{ дБ};$$

3) погрешность результата при измерениях в пяти точках

$$\sigma_{пи} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 1 \text{ дБ};$$

4) вероятное расхождение результатов измерений $3\sigma_{пи} = 3$ дБ, что соответствует II классу точности (менее 5 дБ).

Определяем требуемую изоляцию от воздушного шума ограждений реверберационной камеры, считая что она будет смонтирована в производственном помещении. Принимаем средний уровень звукового давления в помещении на граничной частоте $L_{ср} = 80$ дБ, площадь поверхности реверберационной камеры $S_m = 35$ м^2, число ограждений камеры, через которые проникает шум, $m = 1$, допустимый уровень звукового давления на граничной частоте $L_{доп} = 40$ дБ. Постоянная помещения реверберационной камеры на $f_{гр} = 125$ Гц

$$B_и = \frac{A}{1-\alpha} = 4{,}4 \text{ м}^2,$$

тогда

$$R_в = L_{ср} - 10 \lg B_и + 10 \lg S_m + 10 \lg m + 6 - L_{доп} = 55 \text{ дБ}.$$

Средняя изолирующая способность от воздушного шума выбранных ограждений камеры при $Q = 830$ кг/м^2

$$R_в = 23 \lg Q - 9 = 58 \text{ дБ}.$$

Собственная частота колебаний реверберационной камеры определяется по величине статистической осадки коробки камеры под действием собственного веса 500 т при площади 62 м^2 $x_{ст} = 1$см.

Таким образом, реверберационная камера рассчитанных параметров позволяет проводить измерения шумовых характеристик машин с максимальными габаритными размерами 2,5 м в заданном диапазоне частот с требуемой точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.003-76. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. - Введ. с 01.01.1977. Срок действия до 01.01.82.

2. ГОСТ 8.055-73. ГСОЕИ. Машины. Методика выполнения измерений для определения шумовых характеристик: Взамен ГОСТ 11870-66. - Введ. с 01.01.74, срок действия до 01.01.79.

3. Домбровский Р.В. Промышленное звукопоглощающее покрытие для заглушенных звукомерных камер. - Акустический журнал, 1966 т. XII, вып. 4, с. 484-485.

4. Кудрявцев Ф.С. Звукомерные камеры для измерения шума машин и оборудования, спроектированные во ВЦНИИОТ. - Сб. "Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС", М., 1969, вып. 61 , с. 92-99.

5. Кудрявцев Ф.С. Заглушенные звукомерные камеры. - Сб. "Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС", М., 1971, вып. 68 , с. 65-72.

6. Кудрявцев Ф.С. Реверберационные звукомерные камеры. -Сб. "Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС", М., 1971, вып. 69, с. 74-81.

7. Кудрявцев Ф.С. Анализ методов расчета заглушенных камер. Сб. "Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС", М., 1971, вып. 70, с. 55-61.

8. Кудрявцев Ф.С. Обзор методов расчета реверберационных камер. - Сб. "Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС", М., 1971, вып. 73, с. 68-74.

9. Кудрявцев Ф.С. Акустический расчет и классификация реверберационных камер для измерения шума машин. - Сб. "Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС", М., 1971, вып. 74, с. 70-76.

10. Кудрявцев Ф.С. Акустический расчет и классификация заглушенных камер для измерения шума машин и оборудования. - Сб. "Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС", М., 1972, вып. 75, с. 59-65.

11. Кудрявцев Ф.С. Определение звуковой мощности машин и оборудования. - Сб. "Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС" М., 1972, вып. 77, с. 49-53.

12. Кудрявцев Ф.С., Лагунов Л.Ф. Основные положения по акустическому проектированию звукомерных камер для измерения шума машин и оборудования. М., ВЦНИИОТ ВЦСПС, 1972.

13. Лопашев Д.З. Заглушенные и реверберационные камеры. – В кн. Борьба с шумом. Под редакцией Е.Я. Юдина. М., Стройиздат, 1964, с. 148–174.

14. Осипов Г.Л., Лопашев Д.З., Федосеева Е.Н. и др. Измерение шума машин и оборудования. М., Изд-во стандартов, 1968, 148 с.

15. Шум. Методы измерения. Общие определения. Рекомендация СЭВ по стандартизации. РС 611–66.1966.

16. Юдин Е.Я., Осипов Г.Л., Федосеева Е.Н. и др. Звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы. М., Стройиздат, 1966. 248 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
1.1. Заглушенные камеры 3
1.2. Реверберационные камеры 4

2. Заглушенные камеры 4
2.1. Основные требования 4
2.2. Исходные данные 5
2.3. Акустический расчет заглушенных камер 5
2.4. Расчет неравномерности звукового поля в заглушенных камерах и погрешности измерения 15
2.5. Расчет звуковиброизоляции заглушенных камер 15
2.6. Конструкция заглушенных камер 18
2.7. Выбор типов заглушенных камер 19

3. Реверберационные камеры 22
3.1. Основные требования 22
3.2. Исходные данные 22
3.3. Акустический расчет реверберационных камер 27
3.4. Расчет неравномерности звукового поля в реверберационных камерах и погрешности измерения 31
3.5. Расчет звуковиброизоляции реверберационных камер . . . 31
3.6. Конструкция реверберационных камер 32
3.7. Выбор типов реверберационных камер 34

4. Оборудование акустических камер 36
4.1. Механическое оборудование 36
4.2. Аппаратные 54
4.3. Электротехническое оборудование 54
4.4. Санитарно-техническое оборудование 56
4.5. Пожарная безопасность 56

5. Испытание акустических камер 56
5.1. Методика испытания заглушенных камер 56
5.2. Методика испытания реверберационных камер 60

6. Определение и нормирование шумовых характеристик машин . . 62
6.1. Определение шумовых характеристик машин 62
6.2. Нормирование шумовых характеристик машин 68

Приложение 1 71

Приложение 2 74

Литература 77

Редактор В.И.Афанасьева Технический редактор А.В.Ушкова

Подп. в печать 11.10.78 Л 88835 Уч.-изд.л. 4,9
Формат 60x84/16 П.л. 5,0 Тираж 1860 экз. Цена 75 коп.

Ротапринт ВЦНИИОТ ВЦСПС. Москва,Оболенский пер.,10. Заказ №955

gost.e-ecolog.ru