МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬНОГО, ДОРОЖНОГО
И КОММУНАЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СРЕДСТВ ШУМОЗАЩИТЫ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

РД 22-4—78

МОСКВА

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Ленинградским институтом инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ)

Проректор института по научной работе **Филиппов М. М.**
Заведующий кафедрой «Охрана труда» **Маслов Н. Н.**
Руководитель отраслевой научно-исследовательской лаборатории по борьбе с производственным шумом **Иванов Н. И.**
Старший инженер **Курцев Г. М.**

Горьковским инженерно-строительным институтом им. **Чкалова**

Проректор института по научной работе **Шибанов В. Н.**
Заведующий кафедрой «Архитектура» **Седов М. С.**
Доцент **Бобылев В. Н.**

Всесоюзным научно-исследовательским институтом строительного и дорожного машиностроения (ВНИИСтройдормаш)

Начальник КБ института **Вогау А. Б.**
Заведующий отделом эргономики **Нифонтов А. О.**
Заведующий лабораторией безопасности конструкций машин **Гурбанов И. М.**

СОГЛАСОВАН головным отделом стандартизации

Заведующий отделом **Сорокин А. Н.**

УТВЕРЖДЕН директором ВНИИстройдормаш Бауманом В. А. 28 сентября 1978 г.

Группа Т 58

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

Строительные и дорожные машины. Рекомендации по проектированию средств шумозащиты и методы их расчета.

РД 22 - 4 - 78

Настоящий руководящий документ (РД) распространяется на самоходные строительные и дорожные машины (СДМ) всех типов и предназначен для использования при проектировании самоходных машин в части шумозащитного комплекса, направленного на снижение уровней шума от силовых установок и вспомогательных агрегатов.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

I.I. Настоящий материал определяет методики расчета:

ожидаемой шумности на рабочих местах и снаружи СДМ;

требуемого шумозаглушения;

шумозащитных конструкций.

Кроме того, материал определяет требования к шумозащитным конструкциям и их комплексам, а также рекомендации по выбору и конструированию шумозащиты.

I.2. В составе материала приведены:

формулы и примеры расчетов ожидаемой шумности на СДМ различного конструктивного исполнения;

спектры шума наиболее распространенных источников шума;

акустические характеристики шумозащитных конструкций, полученные экспериментальным путем;

акустические характеристики самоходных СДМ;

примеры конструктивного исполнения отдельных конструкций шумозащиты.

2. ПОРЯДОК ПРИМЕНЕНИЯ.

2.I. Расчет ожидаемой шумности выполняется на заключительной стадии проектирования и является обоснованием для применения или неприменения на машине шумозащитных средств. Исходными данными для расчета ожидаемой шумности являются:

компоновочная схема машины;

виброакустические характеристики основных источников шума;

эскизные чертежи кабины управления, расположения двигателей внутреннего сгорания и других основных источников шума, а также рабочих мест машинистов.

2.2. Рассчитанные уровни звукового давления на рабочих местах СДМ должны соответствовать требованиям ГОСТ I2.I.003-76 "Шум. Общие требования безопасности", устанавливающим предельно допустимые уровни звукового давления 99, 92, 86, 83, 80, 78, 76 и 74 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими значениями частот соответственно 63, I25, 250, 500, I000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Если машина предназначена для работы в течение непродолжительного времени, допускается вводить в нормы соответствующие поправки.

2.4. Рекомендуется следующий порядок пользования РД :

выполняются расчеты воздушной и структурной составляющих шума на рабочем месте (рабочих местах) СДМ, а затем энергетическим суммированием этих составляющих определяется спектр шума на рабочем месте;

расчетный спектр шума сравнивается с нормами и, если получено превышение шума над нормами, расчетом определяются требования к снижению шума на рабочем месте;

определяется поочередно вклад каждой составляющей в процессы шумообразования на рабочем месте и требования к снижению шума каждой составляющей;

производится выбор шумозащитных конструкций и (или) их комплекса;

выполняется расчет эффективности шумозаглушения каждой выбранной конструкции, при этом расчет может быть заменен для отдельных конструкций приведенными в настоящем РД экспериментальными данными;

после внесения в проект требуемых конструктивных изменений проводится поверочный расчет ожидаемой шумности машины в шумозащитном исполнении;

на заключительной стадии работы оформляется пояснительная записка с приложением расчетов, эскизов и пр.

3. РАСЧЕТЫ ОЖИДАЕМОЙ ШУМНОСТИ И ТРЕБУЕМОЙ ШУМОЗАЩИТЫ

3.I. Расчет воздушных составляющих.

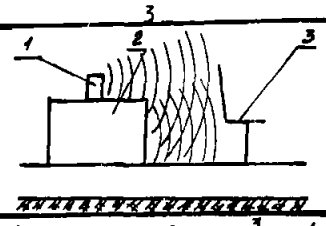
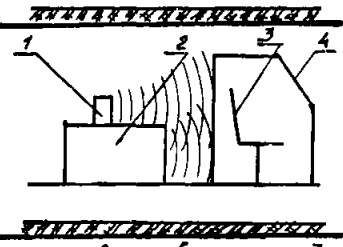
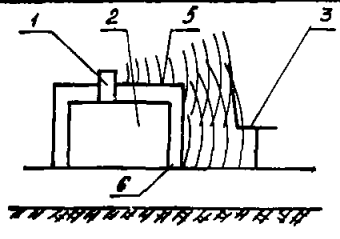
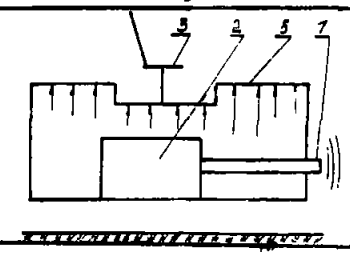
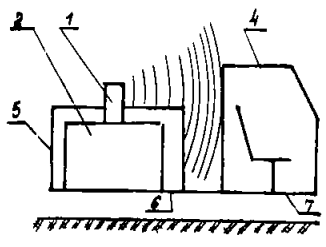
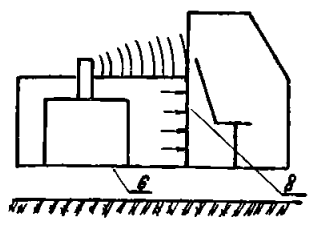
3.I.I. Выбор расчетной схемы.

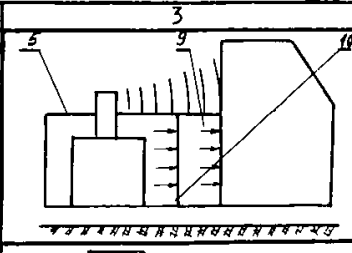
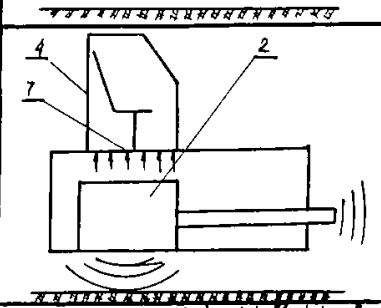
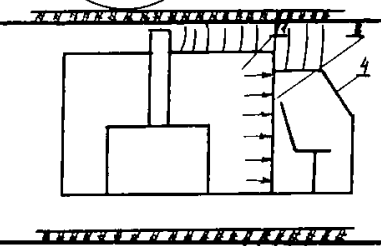
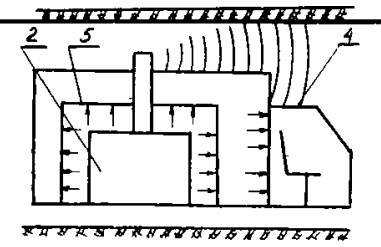
3.I.I.I. Первым этапом расчета воздушных составляющих является выбор расчетной схемы. Основные типовые расчетные схемы для определения воздушных составляющих автогрейдеров, полноповоротных, роторных и других экскаваторов, виброкатков, погрузчиков, скреперов и прочих самоходных СДМ описываются ниже и приведены в табл. I. Если расчетная схема вновь разрабатываемой СДМ не соответствует ни одной из типовых, то следует на основе их составить новую схему.

3.I.I.2. Расчетные схемы для машин безкапотного типа.

Расчетные схемы для определения воздушной составляющей шума СДМ

Таблица I

Характер размещения силового привода	расчетной схемы п/п	Расчетная схема	Обозначения на схеме	Основные пути проникновения шума на рабочее место
I	2	3	4	5
Машины безкапотного типа	I		I-выхлоп 2-корпус двигателя 3-рабочее место (открытое)	Шум выхлопа корпуса и двигателя непосредственно проникает на рабочее место
	2		4-кабина машиниста	Доля шума двигателя проникает в кабину через все поверхности ограждения кабины
Машины капотного типа	3		5-капот двигателя 6-нижний открытый проем в капоте	Шум выхлопа проникает на рабочее место прямым путем. Шум двигателя проникает двумя путями: через поверхности ограждения капота и через нижний открытый проем в капоте
	4			Шум двигателя проникает на рабочее место через поверхности ограждения капота, а доля шума выхлопа, проникающего на рабочее место, определяется с учетом месторасположения среза выхлопной трубы по отношению к рабочему месту.
	5		7-пол кабины	Шум выхлопа проникает в кабину через все ее поверхности ограждения, за исключением пола. Доля шума двигателя проникает в кабину двумя путями: через поверхности ограждения кабины, кроме пола (доля шума, проходящая через капот) и через пол (доля шума двигателя, проходящая через открытый проем в нижней части капота).
	6		8-перегородка между дизельным помещением и кабиной	Шум выхлопа проникает в кабину через все ее поверхности, за исключением пола и перегородки. Доля шума двигателя проникает в кабину тремя путями: через перегородку, через поверхности ограждения кабины, за исключением пола и перегородки (доля шума двигателя, проходящая через поверхности ограждения капота) и через пол (доля шума, проходящая через открытый нижний проем в капоте).

I	2	3	4	5
	7		9-дизельный отсек 10-перегородка между дизельным отсеком и дизельным помещением	Здесь происходит затухание звука, попадающего в кабину через перегородку между дизельным отсеком и кабиной
	8			Шум двигателя проникает в кабину двумя путями: через пол (основная доля) и через прочие ограждения кабины, за исключением пола (доля шума, проходящая наружу через капот) Доля шума выхлопа аналогично схеме 4.
Машины с дизельным помещением	9		11-дизельное помещение	Шум выхлопа проникает в кабину через поверхности ограждения кабины, кроме пола и перегородки. Шум двигателя проникает в кабину через перегородку между кабиной и дизельным помещением
	10			Дополнительное уменьшение шума двигателя капотом

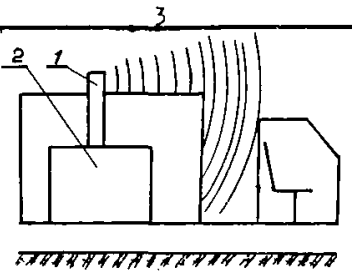
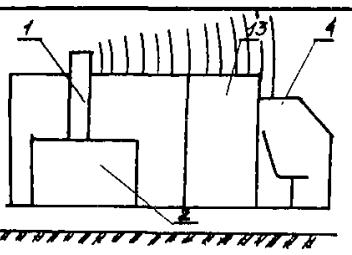
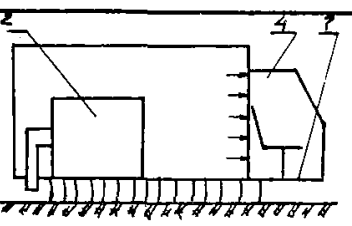
I	2	3	4	5
	11			Шум выхлопа и двигателя проникает в кабину через все ограждающие ее поверхности, за исключением пола
	12		13-тамбур между дизельным помещением и кабиной	Дополнительное затухание шума двигателя за счет тамбура, пути проникновения, что и в схеме 9.
	13			Шум выхлопа проникает в кабину через пол

Схема I. Самой простой для расчетов схемой является та, в которой рабочее место незащищено кабиной, а двигатель расположен без капота. Доли шума выхлопа и двигателя непосредственно попадают на рабочее место. При этом шум выхлопа зависит от показателя направленности, который учитывается по черт. I.

Схема 2. В машинах с такой акустической схемой доли шума от двигателя и выхлопа проникают в кабину через все ограждающие ее поверхности. При этом следует иметь ввиду, что, если ограждающая поверхность кабины расположена под углом 90^{0} к источнику шума (потолок, боковые стены), то на них попадает I/3 звуковой энергии источника, а если под углом 180^{0} (противоположная стена), то - I/6.

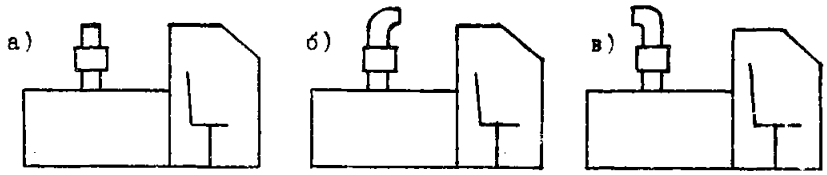
3.I.I.3. Расчетные схемы для машин капотного типа.

Схема 3. В данном случае двигатель закрыт капотом, а рабочее место незащищено кабиной. На рабочее место шум от выхлопа проникает прямым путем, а шум двигателя через различные элементы ограждения капота и через его нижний открытый проем.

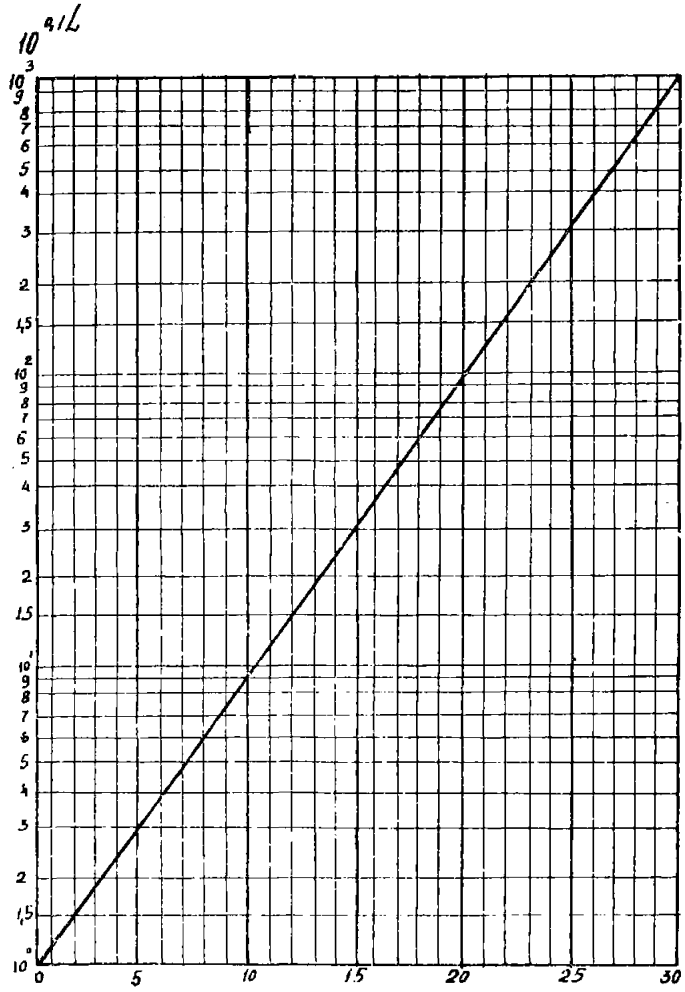
Схема 4. Рабочее место незащищено кабиной и расположено на капоте, доля шума двигателя проникает на рабочее место через поверхности ограждения капота. Доля шума выхлопа, которая непосредственно попадает на рабочее место, определяется в зависимости от расположения выхлопа по отношению к рабочему месту.

Здесь и далее принимается, что, если выхлоп расположен на поверхности под углом 90^{0} к рабочему месту, то на последнее проникает I/3 энергии выхлопа, а если под углом 180^{0}, то I/6 энергии.

Схема 5. Для машин капотного типа с автономной кабиной, отделенной от капота воздушным промежутком, пути проникновения шума следующие. Шум выхлопа и доля шума двигателя, проходящая наружу через стенки капота, проникает в кабину через все ее поверхности



Черт. I. Влияние направления шума выхлопа на процессы шумообразования на рабочем месте: а) ПН≠0, б) ПН=+4 дБ, в) ПН=-4 дБ.
ПН - показатель направленности.



Черт. 2. Значение функции $10^{0,1L}$

ограждения, кроме пола. Доля шума двигателя, проникающая наружу через открытый нижний проем капота, попадает в кабину через пол.

Схема 6. Двигатель заключен в капот, примыкающий в кабине. Шум выхлопа проникает через поверхности кабины, за исключением пола и перегородки между капотом и кабиной. Доли шума двигателя проникают в кабину через перегородку (непосредственно от двигателя), через элементы ограждения кабины (доля шума, проходящая капот) и через пол (доля шума, проходящая через проем в капоте).

Схема 7. Капот отделен от кабины отсеком. Доли шума выхлопа и двигателя проникают в кабину путями аналогичными схеме 6. Дополнительно происходит затухание звука, проходящего непосредственно в кабину, за счет отсека.

Схема 8. В тех СДМ, на которых кабина расположена на капоте, шум двигателя проникает через пол кабины (основная доля) и через прочие поверхности ограждения кабины (доля шума двигателя, прошедшая через капот).

3.I.I.4. Расчетные схемы для машин с дизельным помещением.

Схема 9. Двигатель размещен в дизельном помещении, выхлоп выведен наружу. Основная доля шума двигателя проникает через перегородку между кабиной и дизельным помещением, шум выхлопа проникает в кабину через все ее поверхности ограждения, за исключением пола и перегородки.

Схема IO. Дополнительно на двигатель установлен капот. Пути распространения шума от источников в кабину аналогичные схеме 9.

Схема II. Кабина отделена от дизельного помещения воздушным промежутком. Шумы выхлопа и двигателя проникают в кабину через все ее поверхности ограждения, за исключением пола.

Схема 12. Двигатель отделен от кабины тамбуром. Шум выхлопа проникает в кабину через все ее поверхности ограждения, за исключением пола и задней стенки. Шум двигателя проникает в кабину через заднюю стенку, при этом происходит дополнительное затухание звуковой энергии за счет прохождения звука через тамбур.

Схема 13. Шум выхлопа выведен под пол дизельного помещения. Основная доля шума выхлопа проникает в кабину через пол кабины.

3.1.1.5. При более сложных случаях нужно придерживаться следующих правил:

если дополнительный источник шума (коробка передач, гидронасос, редуктор и др.) расположен снаружи кабины и примыкает к какому-либо элементу ограждения кабины, то следует считать, что звуковая энергия этого источника проникает через соответствующий элемент ограждения кабины;

если на машине имеется рабочий орган активного действия, излучающий при работе шум, то расчет доли шума от этого источника производится так же, как и для двигателя, располагаемого без капота;

если источник шума располагается вместе с двигателем и их акустическая активность сравнима, то, наряду с составляющей воздушного шума двигателя внутреннего сгорания, аналогичным путем подсчитывается и доля шума этого источника.

3.1.2. Выполнение расчетов воздушного звука.

3.1.2.1. Расчеты воздушного звука выполняются при следующих предположениях:

источники звука являются источниками сферических звуковых волн

звуковое поле в кабине принято диффузным;

источники звука некогерентны;

корпус двигателя, редуктор, рабочие органы вибрационного действия являются ненаправленными источниками звука;

выхлоп двигателя обладает направленность, в зависимости от направления среза выхлопной трубы по отношению к рабочему месту (черт.1).

3.1.2.2. Расчеты выполняются в октавных полосах со среднегеометрическими значениями частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

3.1.2.3. Расчет ожидаемой шумности на рабочем месте машин, имеющих схему типа I при действии двух источников корпуса двигателя и выхлопа, определяется по следующим формулам:

$$L_i^{раб.м.} = 10\lg\left(10^{0{,}1L_{выхл.}^{раб.м.}} + 10^{0{,}1L_{дв.i}^{раб.м.}}\right), \text{ дБ}, \quad (1)$$

$$L_{выхл.i}^{раб.м.} = L_{р.выхл.} - 20\lg\frac{R_{выхл.}}{r_0} + ПН - X - \beta, \text{ дБ}, \quad (2)$$

$$L_{дв.i}^{раб.м.} = L_{р.дв.} - K_i\lg R_{дв.} - X, \text{ дБ}, \quad (3)$$

где $L_{выхл.i}^{раб.}$; $L_{дв.i}^{раб.м.}$ – соответственно доли шума выхлопа и двигателя на рабочем месте;

$L_{р.выхл.}$ – спектр звуковой мощности выхлопа (выбирается в зависимости от типа двигателя по экспериментальным данным, приведенным в табл. 2 или по техническому паспорту двигателя), дБ;

$R_{выхл.}$ – расстояние от среза выхлопной трубы до рабочего места, м;

r_0 – расстояние, на котором измеряется шум выхлопа ($r_0 = 0{,}25$ м);

$ПН$ – показатель направленности (см.черт.1);

X – числовой коэффициент (при $\Omega = \pi$, $X = 5$ дБ; при $\Omega = 2\pi$, $X = 8$ дБ; при $\Omega = 4\pi$, $X = 11$ дБ);

АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ ШУМА СДМ

Таблица 2

ГГ пп	Наименование источника	Режим работы		Уровни звуковой мощности в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц								Уровень звука, дБА
		л.с.	об/мин	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	18
	а) Корпус двигателя											
1[X]	Д-21	20	1600	97,7	96,9	97,1	95,5	100,9	99,7	97	96,6	104,3
2[X]	Д-21А	25	1800	96,6	95,6	95,6	98,1	101,9	100,7	99,2	98,1	107,1
3[X]	Д-144	60	200	106,2	97,1	99,1	102,5	107,2	106,2	100	96,2	111,1
4[X]	Д-60Н	60	1800	106	101,2	98,2	99,5	103,4	99,8	91,9	85,7	106,5
5[X]	Д-240	75	2200	107,6	98,4	100,2	103,2	106,6	104,3	95,6	89,1	110,3
6[X]	Д-240Т	100	2200	98,8	97,9	97,6	103,6	105,2	103,9	98,2	92,4	110
7[X]	Д-65Н	60	1750	103,4	97,6	105,6	106,9	107,7	105	99,1	95,2	111,4
8[X]	Д-80ТК	80	1800	100,6	94,5	101,6	99,7	102,9	98,3	95,3	94	107,1
9[X]	А-41Т	110	1750	105,5	97,7	99,2	101,2	103,8	103,3	100	97,1	108,9
10[X]	А-01М	130	1700	109,5	101,1	100,5	102,4	103,7	101,8	97,1	89,8	108,1
11[X]	А-01Т	160	1700	108,8	100	98,4	102,3	104,5	103,6	99,9	96,6	109,2
12[X]	Д-160	160	1250	109,3	102,1	104,2	108,9	108,2	108,2	101	96,7	113,1
13[X]	Д-180	180	1100	121,9	111,1	109,9	108,8	108,6	106,1	99,6	94,9	112,9

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14[x]	СМД-14Н	80	1800	105,2	96,6	103	104,5	103,3	101,7	96,8	89,3	108,3
15[x]	СМД-17К/18К	100	1900	101,6	101,3	102,5	107,5	103,9	102,5	97,8	92,1	109
16[x]	СМД-19/20	125	1900	109,4	108,9	110,2	105,5	105,6	105,6	102,1	101,2	112
17[x]	СМД-60	150	2000	94,5	97,3	104,7	103,4	106,1	102,7	98,4	95,6	109,7
18[x]	СМД-62	165	2100	98,4	105,5	105,1	106,7	103,9	100,2	87	87	110,9
19[x]	СМД-64	150	1900	98,1	102,4	102,4	103,3	104,6	101,1	97,1	94,8	108,8
20[x]	СМД-80	200	2000	96,6	101,4	107,7	108,3	110,5	108,1	104,8	102,5	114,5
21[x]	Д-181Т	150	2100	105,7	110,6	108,3	108,9	111,3	108,4	106,3	104,4	116,2
22[x]	ЯМЗ-240Б	265	1900	95,6	102	111,3	113,7	112,2	108	102,8	96,9	117,1
23[xx]	Д-37М	40	1600	105	103	102	103	104	102	97	91	108
24[xx]	Д-48	48	1600	111	107	105	101	98	99	95	91	104,5
25[xx]	Д-50	55	1700	103	107	109	105	106	105	101	97	110,5
26[xx]	Д-60	60	1800	105	100	103	106	107	106	101	97	111
27[xx]	СМД-14	75	1750	105	106	107	108	109	108	103	97	113
28[xx]	А-41	90	1750	97	95	96	100	104	104	102	95	108,5
29[xx]	Д-108	108	1070	112	111	110	109	109	108	103	97	113,5
30[xx]	Д-37Е	50	1800	100	101	102	102	105	104	102	95	109,5

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
31[XX]	АМ-01	110	1600	113	110	111	107	108	109	105	106	114
32[XX]	2Д-2Д125	300	1500	106	108	114	115	116	114	113	96	120
	б) Выхлоп двигателя с глушителем											
33[X]	Д-21А	24	1800	121	122,5	118	106	113,5	113,5	110	103	118,5
34[X]	Д-60Н	60	1800	125	124	114	107	110	107,5	109,5	101	116
35[X]	Д-114	60	2100	126	114	101,5	106	107	107	103	98	112,5
36[X]	Д-65Н	64	1750	125,5	122,5	111,5	113,5	112,5	110	110	98,5	117,5
37[X]	Д-240	75	2200	126	121	114	110	112,5	110,5	112	104,5	118
38[X]	СМД-14Н	80	1800	120,5	117	112	109	107,5	106	109	105	115
39[X]	Д-160 ВТЗ	90	2200	109	123,5	112	105	102	99,5	98,5	98,5	111,5
40[X]	А-01М	130	1700	126,5	121	117	115	115	115,5	113	102	120,5
41[X]	Д-160Б	140	1070	124,5	115,5	111	106	103	104	101	107	112
42[X]	СМД-60	150	2000	113	113,5	115	113	109	105	105	100	114,5
43[X]	СМД-64	150	1900	114,5	112	113,5	113	109	105	105	100	115
44[X]	Д-160 ЧТЗ	160	1250	124,5	122	121	121	118,5	118,5	118	125	127,5
45[X]	СМД-62	165	2100	112	119	116	113,5	110	107	106	101	116
46[X]	Д-180	180	1100	137	121,5	122	117,5	114	102,5	93	81	119,5
47[XX]	А-41	90	1750	119	121	113	105	108	113	113	110	118,5

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	в) Выхлоп двигателя без глушителя											
47[X]	СМД-17КМ / 18КМ	90	1800	128	119,5	114,5	119	113	111	110	104	119,5
48[X]	А-41Т	110	1750	134	131	124	125,5	124	121	119	116	128,5
49[X]	СМД-17К / 18К	100	1900	126	121,5	113	115,5	116	111	109,5	110	119,5
50[XX]	Д-37Е	50	1600	121	124	113	116	120	116	115	110	122
51[XX]	Д-48	48	1600	126	123	119	117	119	117	116	114	124
52[XX]	Д-60	60	1600	127	125	122	120	121	119	117	113	125,5
53[XX]	СМД-14	117	1750	120	118	117	110	123	123	114	110	127
54[XX]	А-41	90	1750	131	134	120	122	126	125	124	118	131
55[XX]	АМ-01	110	1600	129	120	121	118	114	113	104	93	118
56[XX]	2Д-6	250	1560	140	134	132	124	121	116	109	83	128
57[XX]	Всасывание дизеля А-41	90	1750	121	123	119	111	112	141	106	99	117,5
58[XX]	Вентилятор дизеля Д-48	48	1600	81	87	97	99	97	95	91	84	120
59[XX]	Трансмиссии	48	1600	91	94	98	100	94	90	85	84	100

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
60[xx]	Вибровалец	48	1600	103	107	108	104	102	99	94	88	107,5
61[xx]	Гидронасос P = 160 атм 223.25		1450	89	97	104	108	109	102	95	85	111

Примечания: 1. x – данные НИКТИД

xx – данные ЛИИЖТа

2. Измерения акустических характеристик д.в.с. выполнялись на СДМ в эксплуатационных условиях.

3. Измерения уровней звукового давления с последующим пересчетом в звуковую мощность проводились на следующих расстояниях:

для двигателей и вибровальцев – 1 м;

для трансмиссии, гидронасоса и вентилятора – 0,5 м;

для выхлопа – 0,25 м;

для всасывания – 0,1 м.

Ω - пространственный угод, в котором происходит излучение источников (при излучении в открытое пространство $\Omega=4\pi$, при излучении в полупространство $\Omega=2\pi$, а при излучении в двухгранном угле $\Omega=\pi$);

β - добавка, учитывающая расположение выхлопной трубы (при выводе выхлопа наверх на капот β = 0 дБ, при выводе вбок β = 5 дБ, при выводе вниз β = 8 дБ);

$L_{р.дв.}$ - спектр звуковой мощности двигателя (выбирается в зависимости от типа двигателя по данным экспериментов, приведенным в табл. 2, или по техническому паспорту двигателя), дБ;

K_1 - коэффициент, принимаемый в зависимости от расстояния ($R_{дв.}$) от двигателя до рабочего места (при $R_{дв.} \leqslant 2$ м $K_1 = 10$, при $R_{дв.} > 2$ м $K_1 = 20$).

Значение функции $10^{0,1}$ определяется с помощью номограмм (черт.2).

3.1.2.4. Составляющая воздушного шума в кабине для машин, имеющих схему типа 2 , определяется по формулам:

$$L_2^{каб.} = 10\lg\left(10^{0,1L_{дв.2}^{каб.}} + 10^{0,1L_{выхл.2}^{каб.}}\right), \text{ дБ}, \quad (4)$$

$$L_{дв.2}^{каб.} = L_{р.дв.} - K_1\lg R_{дв.} - 10\lg \frac{S_{общ.}}{\sum_{i=1}^{n} S_i 10^{-0,1(3И_{каб.i}+t_i)}} +$$
$$+ 10\lg \frac{S_{общ.}}{A_{каб.}} + 6 - X, \text{ дБ}, \quad (5)$$

$$L_{выхл.2}^{каб.} = L_{р.выхл.} - 20\lg R_{выхл.} - 10\lg \frac{S_{общ.}}{\sum_{i=1}^{n} S_i 10^{-0,1(3И_{каб.i}+t_i)}} +$$
$$+ 10\lg \frac{S_{общ.}}{A_{каб.}} + ПН - X - \beta + 6, \text{ дБ}, \quad (6)$$

где $L_{дв.2}^{каб.}$, $L_{выхл.2}^{каб.}$ - соответственно доли шума двигателя и выхлопа в кабине;

$L_{р.дв.}$ – спектр звуковой мощности двигателя (выбирается в зависимости от типа двигателя по данным экспериментов, приведенным в табл. 2 или по техническому паспорту двигателя), дБ;

K_1 – коэффициент, принимаемый в зависимости от расстояния ($R_{дв.}$) от двигателя до кабины (при $R_{дв.} \leq 2$ м $K_1 = 10$, при $R_{дв.} > 2$ м $K_1 = 20$);

$S_{общ.}$ – общая площадь ограждений, через которые шум от двигателя проникает в кабину, $м^2$;

n – число элементов ограждения кабины различной звукоизолирующей способностью;

S_i – площадь i-го ограждения (стекло, потолок, дверь), через которые шум проникает в кабину, $м^2$;

$ЗИ_{каб_i}$ – звукоизоляция i-го элемента кабины (стен, стекол, потолка и т.д.); дБ, данные по звукоизоляции выбираются из черт. 1÷33 приложения I; или рассчитываются по формулам, приведенным в разд. 5 настоящего РД или принимаются по экспериментальным данным, приведенным в табл. 3 ;

t_i – добавка в звукоизоляции панелей кабины в зависимости от их расположения по отношению к источнику, дБ ($t = 0$ – для заднего стекла и задней стены; $t = 5$ – для потолка, боковых стен и стекол пола; $t = 8$ – для переднего стекла и передней стены);

$A_{каб.}$ – звукопоглощение кабины, $A_{каб.} = S_{каб.} \cdot \alpha_{каб.}$ $м^2$;

$S_{каб.}$ – площадь поверхностей ограждения кабины, $м^2$;

$\alpha_{каб.}$ – коэффициент звукопоглощения в кабине, значения которого приведены в табл. 4;

X – числовой коэффициент (при $\Omega = \pi$, $X = 5$ дБ; при $\Omega = 2\pi$ $X = 8$ дБ; при $\Omega = 4\pi$; $X = 11$ дБ);

Характеристики звукоизоляции элементов ограждения кабин СДМ, полученные в натурных условиях

Таблица 3

Наименование ограждающей поверхности	Звукоизоляция, дБ, в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Стекло	13	16	13	19	18	20	21	23
2. Стена, потолок (таль δ = 1,5 мм)	12	13	17	17	14	19	22	26
3. Пол и перегородка (с отверстиями и проемами)	2	4	5	6	8	9	10	12
4. Стекло (со щелью)	13	12	12	13	12	13	12	15

Коэффициенты звукопоглощения различных конструкций СДМ

Таблица 4

Тип помещения	Средний коэффициент звукопоглощения, в октавных полосах частот							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кабина	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20	0,20	0,24
Дизельное помещение	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,20	0,20	0,20
Тамбур	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,13	,15	0,18
Капот (необлицованный с проемом)	0,19	0,22	0,25	0,27	0,30	0,31	0,33	0,35
Капот (облицованный)	0,25	0,25	0,3	0,55	0,7	0,65	0,6	0,6

Ω – пространственный угол, в котором происходит излучение источников (при излучении в открытое пространство $\Omega=4\pi$, при излучении в полупространство $\Omega=2\pi$, а при излучении в двухгранном угле $\Omega=\pi$);

$L_{р.выхл.}$ – спектр звуковой мощности выхлопа (выбирается в зависимости от типа двигателя по экспериментальным данным, приведенным в табл. 2 или по техническому паспорту двигателя), дБ;

$R_{выхл.}$ – расстояние от среза выхлопной трубы до кабины, м;

ПН – показатель направленности (см.черт.1);

β – добавка, учитывающая расположение выхлопной трубы (при выводе выхлопа наверх на капот β = 0 дБ, при выводе в бок β = 5 дБ, при выводе вниз β = 8 дБ).

3.1.2.5. Составляющая воздушного шума на рабочем месте для машин, имеющих схему типа 3, определяется по формулам:

$$L_{раб.м.}=10\lg\left(10^{0,1L^{раб.м.}_{выхл.3}}+10^{0,1L^{раб.м.}_{двиг.3}}\right), \quad дБ, \quad (7)$$

$$L^{раб.м.}_{двиг3}=L_{р.дв.}-K_2\lg R_{кап.3}-3И_{кап.}+10\lg\left(\frac{\chi}{4\pi r^2_{дв.}}+\frac{4\psi}{B_{кап}}\right)-X, \quad дБ, \quad (8)$$

где $L^{раб.м.}_{выхл.3}$, $L^{раб.м.}_{двиг.3}$ – соответственно доли шума выхлопа и двигателя на рабочем месте, $L^{раб.м.}_{выхл.3}$ определяется по формуле (2);

$L_{р.дв.}$ – спектр звуковой мощности двигателя (выбирается в зависимости от типа двигателя по данным экспериментов, приведенным в табл. 2 или по техническому паспорту двигателя), дБ;

K_2 – коэффициент зависимости от расстояния ($R_{кап.3}$) от двигателя до рабочего места (при $R_{кап} \leq 3$ м,

K_2 = 10, при $R_{кап.} > 3$ м K_2 = 20;

$ЗИ_{кап.}$ - приведенная звукоизоляция капота, дБ, выбирается в зависимости от конструктивного исполнения по данным экспериментов, приведенных на черт.1-4, приложения 2 и в табл.5;

$r_{дв.}$ - расстояние от двигателя до стен капота, м;

χ - коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения расстояния r между акустическим центром источника и расчетной точкой к максимальным габаритным размерам l_{max} источника шума определяется по графику черт.3;

$B_{кап.}$ - постоянная капота, $B_{кап.} = \frac{A_{кап.}}{1 - \bar{\alpha}_{кап.}}$, м^2;

$A_{кап.}$ - звукопоглощение капота $A_{кап.} = \bar{\alpha}_{кап.} \cdot S_{кап.}$, м^2;

$\bar{\alpha}_{кап.}$ - средний коэффициент звукопоглощения капота (принимается по данным, приведенным в табл.4);

$S_{кап.}$ - площадь капота, м^2;

Ψ - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля (принимается по графику на черт.4).

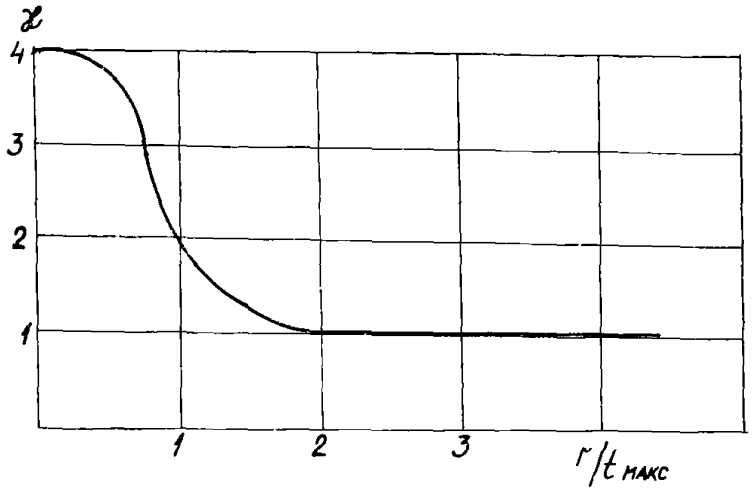
3.1.2.6. На машинах с акустической схемой типа 4, доля воздушного шума на рабочем месте определяется по формулам:

$$L_4^{раб.м.} = 10 lg \left(10^{0,1 L_{вых.4}^{раб.м.}} + 10^{0,1 L_{дв.4}^{раб.м.}}\right), \quad \text{дБ}, \quad (10)$$

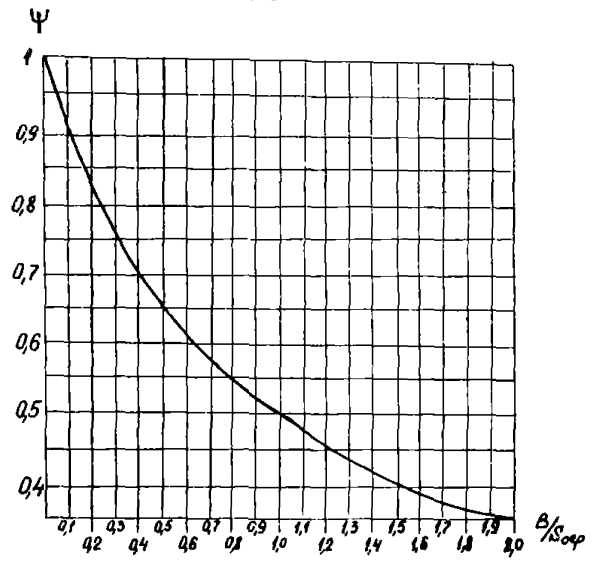
$$L_{дв.4}^{раб.м.} = L_{р дв.} + 10 lg \left(\frac{\chi}{4\pi r_{дв.}^2} + \frac{4\Psi}{B_{кап.}}\right) - ЗИ_{кап.} - X, \quad \text{дБ}, \quad (11)$$

где $L_{вых.4}^{раб.м.}$, $L_{дв.4}^{раб.м.}$ - соответственно доли шума выхлопа и двигателя на рабочем месте, $L_{вых.т.4}^{раб.м.}$ определяется по формуле (2).

Обозначения, используемые в формуле (11) см. п.3.1.2.5.



Черт. 3. График для определения коэффициента α, в зависимости от отношения r к максимальному линейному размеру источника шума $l_{макс}$



Черт.4. График для определения коэффициента Ψ в зависимости от отношения постоянной помещения B к площади ограждающих поверхностей $S_{огр}$

3.1.2.7. Доля воздушного шума в кабинах машин, имеющих схему типа 5 , определяется:

$$L_5^{каб.} = 10lg\left(10^{0{,}1L_{вых.5}^{каб.}} + 10^{0{,}1L_{кап.5}^{каб.}} + 10^{0{,}1L_{дв.5}^{каб.}}\right), \quad \text{дБ}, \quad (12)$$

$$L_{кап.5}^{каб.} = L_{р.дв.} - ЗИ_{кап.} + 10lg\left(\frac{\chi}{4\pi r_{дв.}^2} + \frac{4\Psi}{B_{кап.}}\right) - K_2 lgR_{кап.} - 10lg\frac{S_{общ.}}{\sum_{i=1}^{n} S_i 10^{-0{,}1ЗИ_{(КАБ)_i}}} + 10lg\frac{S_{общ.}}{A_{каб.}} - \chi + 6, \text{дБ}, \quad (13)$$

$$L_{дв.5}^{каб.} = L_{р.дв.} + 10lg\left(\frac{\chi}{4\pi r_{дв.}^2} + \frac{4\Psi}{B_{кап.}}\right) + 10lg(1-\alpha_з) - 20lg r_o - ЗИ_{пол.} + 10lg\frac{S_{пол.}}{A_{каб.}} - \chi, \quad \text{дБ}, \quad (14)$$

где $L_{вых.5}^{каб.}$ – доля шума выхлопа в кабине, дБ определяется по формуле (6), дБ;

$L_{кап.5}^{каб.}$ – доля шума двигателя, проходящая через капот наружу и попадающая через все элементы ограждения в кабину, кроме пола, дБ;

$L_{дв.5}^{каб.}$ – доля шума двигателя, проникающая через нижний открытый проем в капоте, а затем через пол в кабину, дБ.

Обозначения, используемые в формуле (13), см. п.п. 3.1.2.4. и 3.1.2.5.

$L_{р.дв.}$ – спектр звуковой мощности двигателя (выбирается в зависимости от типа двигателя по данным экспериментов, приведенным в табл. 2 или по техническому паспорту двигателя); дБ;

$\alpha_з$ – коэффициент звукопоглощения отражающей поверхности, на которой установлена машина (табл.6);

r_o – расстояние, м; $r_o = \sqrt{h + \left(\frac{R_{дв.}}{2}\right)^2}$

h – высота машины, м;

$R_{дв.}$ – расстояние от центра двигателя до центра кабины, м;

Приведенная звукоизоляция капотов и кабин СДМ, полученная в натурных условиях

Таблица 5

Наименование конструкции	Звукоизоляция, дБ, в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Незвукоизолированный капот обычного конструктивного исполнения	1	1	2	3	4	5	6	8
Незвукоизолированная кабина обычного конструктивного исполнения	4	6	9	10	11	12	13	14
Незвукоизолированное дизельное помещение	2	4	7	6	8	9	11	12

Коэффициенты звукопоглощения отражающих поверхностей

Таблица 6

Наименование поверхности	Коэффициенты звукопоглощения в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Асфальт, бетон	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
Невысокая трава, песок	0,1	0,33	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
Деревянный настил	0,1	0,1	0,1	0,01	0,08	0,08	0,093	0,1

$ЗИ_{пол.}$ - звукоизоляция пола, дБ (принимается по данным экспериментов черт. 1÷33 приложение 1, или вычисляется по формулам, приведенным в разд. 5 настоящего РД или принимается по экспериментальным данным, приведенным в табл. 3);

$S_{пол.}$ - площадь пола, м^2.

Обозначения $r_{дв.}, \chi, \psi, B_{кап.}$ см. п. 3.1.2.5, $A_{каб.}$ см. п. 3.1.2.4.

3.1.2.8. Доля воздушного шума в кабине машин, имеющих схему типа 6. определяется по формулам:

$$L_{б}^{каб.} = 10\lg\left(10^{0{,}1L_{выхл.б}^{каб.}} + 10^{0{,}1L_{пер.б}^{каб.}} + 10^{0{,}1L_{кап.б}^{каб.}} + 10^{0{,}1L_{дв.б}^{каб.}}\right), \text{дБ}; \quad (15)$$

$$L_{пер.б}^{каб.} = L_{р.дв.} + 10\lg\left(\frac{\chi}{4\pi r_{дв.}^2} + \frac{4\psi}{B_{кап.}}\right) - ЗИ_{пер.} + 10\lg\frac{S_{пер.}}{A_{каб.}} + 6 \text{ дБ}; \quad (16)$$

$$L_{кап.б}^{каб.} = L_{р.дв.} + 10\lg\left(\frac{\chi}{4\pi r_{дв.}^2} + \frac{4\psi}{B_{кап.}}\right) - ЗИ_{кап.} - X -$$

$$-10\lg\frac{S_{общ.}}{\sum_{i=1}^{n} S_i 10^{-0{,}1(ЗИ_i + r_i)}} + 10\lg\frac{S_{общ.}}{A_{каб.}} + 6, \text{ дБ}; \quad (17)$$

где $L_{выхл.б}^{каб.}$ - доля шума выхлопа в кабине, дБ, определяется по формуле(6);

$L_{пер.}^{каб.}$ - доля шума, проникающая в кабину через перегородку между капотом и кабиной, дБ;

$L_{кап.б}^{каб.}$ - доля шума, проникающая сначала наружу через поверхности ограждения капота, а затем в кабину через все ее поверхности ограждения (за исключением пола и перегородки), дБ;

$L_{дв.б}^{каб.}$ - доля шума, проникающая наружу через открытый нижний проем капота, а затем в кабину через ее пол, дБ, определяется по формуле(14);

$ЗИ_{пер.}$ - звукоизоляция перегородки дБ, площадью $S_{пер}$, $м^2$, принимается по данным экспериментов в зависимости от конструктивного исполнения (см. черт. I-33 приложения I) или рассчитывается по формулам, приведенным в разд. 5 настоящего РД, или принимается по экспериментальным данным, приведенным в табл. 3).

Обозначения $L_{р.ж.}, \chi, \gamma_{ж.}, \Psi, B_{кап}, ЗИ_{кап}$ для формул (I6) и (I7) см. п. 3.I.2.5. Обозначения $S_{общ}, S_i, \Pi, ЗИ_i, t_i, A_{каб.}$ - см. п. 3.I.2.4.

3.I.2.9. Доля воздушного шума в кабине машин, имеющих схему типа 7, определяется аналогично описанному в п. 3.I.2.8.

$$L_7^{каб} = 10 lg \left(10^{0{,}1 L^{каб.}_{выхл.7}} + 10^{0{,}1 L^{каб}_{пер.7}} + 10^{0{,}1 L^{каб.}_{кап.7}} + 10^{0{,}1 L^{каб}_{дв.7}}\right), \text{ дБ;} \quad (I8)$$

$$L^{каб.}_{пер.7} = L_{р.дв} + 10 lg \left(\frac{\chi}{4\pi\gamma_{дв}} + \frac{4\Psi}{B_{кап}}\right) - ЗИ_{пер.1} + 10 lg S_{пер.1} -$$
$$- 10 lg B_{тамб.} - ЗИ_{пер\,2} + 10 \frac{S_{пер\,2}}{A_{каб.}} + 6 \text{ , дБ,} \quad (I9)$$

где $L^{каб.}_{выхл.7}$ - определяется по формуле (6);

$L^{каб.}_{кап.7}$ - определяется по формуле (I7);

$L^{каб.}_{дв.7}$ - определяется по формуле (I4);

$ЗИ_{пер.1}, ЗИ_{пер\,2}$ - соответственно звукоизоляция (дБ) перегородки между дизельным отделением и тамбуром площадью $S_{пер.1}$ и перегородки между тамбуром и кабиной площадью $S_{пер.2}$ (значения звукоизоляции берутся из экспериментальных данных, приведенных на черт. I-33, приложения I, или рассчитываются по формулам, приведенным в разделе 5 настоящего РД, или принимаются по экспериментальным данным, приведенным в табл. 3);

$B_{тамб.}$ - постоянная тамбура, м^2

$A_{тамб.}$ - звукопоглощение тамбура, м^2

$S_{тамб.}$ - площадь поверхностей тамбура, м^2;

$\bar{\alpha}$ - средний коэффициент звукопоглощения тамбура, значения которого приведены в таблице 3.

Обозначения $L_{р.рб.}, \chi, z_{рб.}, \Psi, B_{кап.}$ см. п. 3.1.2.5; $A_{каб.}$ см. п. 3.1.2.4.

3.1.2.10. Доля воздушного шума в кабине для машин со схемой типа 8 определяется по формулам:

$$L_{з}^{каб.} = 10lg\left(10^{0{,}1L_{выхл.з}^{каб.}} + 10^{0{,}1L_{пол.з}^{каб.}} + 10^{0{,}1L_{кап.з}^{каб.}}\right), \text{ дБ} \quad (20)$$

$$L_{пол.з}^{каб.} = L_{р.рб.} + 10lg\left(\frac{\chi}{4\pi z_{рб.}^2} + \frac{4\Psi}{B_{кап.}}\right) - ЗИ_{пол.} + 10lg\frac{S_{пол.}}{A_{кап.}} + 6, \text{ дБ} \quad (21)$$

где $L_{выхл.з}^{каб.}$ - доля шума выхлопа в кабине, дБ, определяется по формуле (6);

$L_{пол.з}^{каб.}$ - шум, проникающий в кабину через пол, дБ;

$L_{кап.з}^{каб.}$ - шум двигателя, проникающий наружу через капот, а потом в кабину через ее ограждения, за исключением пола определяется по формуле (17), дБ.

Обозначения $L_{р.рб.}, \chi, z_{рб.}, \Psi, B_{кап.}$ см. п. 3.1.2.5; $ЗИ_{пол.}, S_{пол.}$ см. п. 3.1.2.7.

3.1.2.11. На машинах с дизельным помещением, имеющим акустическую схему типа 9, доля воздушного шума в кабине определяется по формуле:

$$L_{з}^{каб.} = 10lg\left(10^{0{,}1L_{р.рб.}^{каб.}} + 10^{0{,}1L_{выхл.р}^{каб.}}\right), \text{ дБ}, \quad (22)$$

$$L_{р.рб.}^{з} = L_{р.рб.} + 10lg\left(\frac{\chi_1}{2\pi R_{р.рб.}^2} + \frac{4\Psi_1}{B_{пом.}}\right) - ЗИ_{пер.} + 10lg\frac{S_{пер.}}{A_{каб.}} + 6, \text{ дБ}, \quad (23)$$

где $L^{каб.}_{дв.}$ – доля шума двигателя, проникающая в кабину через перегородку, отделяющую дизельное помещение от кабины, дБ;

$L^{каб.}_{выхл.}$ – доля шума выхлопа в кабине, дБ, определяется по формуле (6);

$L_{р.дв.}$ – спектр звуковой мощности двигателя (выбирается в зависимости от типа двигателя по данным экспериментов, приведенным в табл. 2 или по техническому паспорту двигателя), дБ;

χ_1 – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения расстояния r между акустическим центром источника и расчетной точкой к максимальным габаритным размерам l_{max} источника шума определяется по графику черт.3;

$R_{дв.}$ – расстояние от двигателя до перегородки, отделяющей дизельное помещение от кабины, м;

ψ_1 – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в дизельном помещении принимается по графику черт.4;

$B_{пом.}$ – постоянная дизельного помещения $B_{пом.} = \frac{S_{пом.} \cdot \alpha_{пом.}}{1 - \alpha_{пом.}}$

$\alpha_{пом.}$ – средний коэффициент звукопоглощения в дизельном помещении, значения которого приведены в табл. 4;

$S_{пом.}$ – площадь дизельного помещения, м^2;

$ЗИ_{пер.}$ – звукоизоляция, дБ, перегородки площадью $S_{пер.}$ (принимается по данным экспериментов, приведенным на черт. 1-33 приложения 1, рассчитывается по формулам, приведенным в разд. 5 настоящего РД или принимается по экспериментальным данным, приведенным в табл. 3);

$A_{каб.}$ – звукопоглащение кабины определение см. п. 3.I.2.4.

3.I.2.I2. Доля воздушного шума на машинах с акустической схемой типа I0 определяется аналогично описанному в п. 3.I.2.II. Доля шума двигателя в кабине определяется по формуле:

$$L^{каб.}_{дв.10} = L_{р.дв.} + 10lg\left(\frac{\chi}{4\pi r^2_{дв.}} + \frac{4\Psi}{B_{кап.}}\right) - ЗИ_{кап.} - ЗИ_{пер.} +$$

$$+ 10lg\left(\frac{\chi_1}{2\pi R^2_{кап.}} + \frac{4\Psi_1}{B_{кап.}}\right) + 10lg\frac{S_{пер.}}{A_{каб.}} + 6 \text{ , дБ, (24)}$$

где $L_{р.дв.}, \chi, \Psi, r_{дв.}, B_{кап.}, ЗИ_{кап.}$ – см. п. 3.I.2.5.

$\chi_1, \Psi, ЗИ_{пер.}, S_{пер.}, A_{каб.}$ – см. п. 3.I.2.II.

$R_{кап.}$ – расстояние от капота до перегородки, м.

3.I.2.I3. Доля воздушного шума в кабинах машин, имеющих схему типа II, определяется:

$$L^{каб.}_{11} = 10lg\left(10^{0{,}1L^{каб.}_{вых.11}} + 10^{0{,}1L^{каб.}_{пом.11}}\right) \text{ , дБ, (25)}$$

$$L^{каб.}_{пом.11} = L_{р.дв.} + 10lg\left(\frac{\chi_1}{4\pi r^2_{дв.}} + \frac{4\Psi_1}{B_{пом.}}\right) - ЗИ_{пом.} - K_2 lg R_{пом.} -$$

$$- 10lg\frac{S_{общ.}}{\sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{-0{,}1(ЗИ_{каб.i} + t_i)}} + 10lg\frac{S_{общ.}}{A_{каб.}} - \chi + 6 \text{ , дБ, (26)}$$

где $L^{каб.}_{вых.11}$ – доля шума выхлопа в кабине, дБ, определяется по формуле (6);

$L^{каб.}_{пом.11}$ – доля шума двигателя, проникающая через дизельное помещение наружу и попадающая в кабину через все элементы ограждения, кроме пола, дБ.

$L_{р.дв.}, S_{общ.}, S_i, n, ЗИ_{каб.i}, t_i, A_{каб.}, \chi$ – см. п. 3.I.2.4, χ_1, $r_{дв.}$, Ψ_1, $B_{пом.}$ – см. п. 3.I.2.II, K_2 – см. п. 3.I.2.5.

$ЗИ_{пом.}$ – приведенная звукоизоляция дизельного помещения, дБ, приведена в табл. 5;

$R_{пом.}$ - расстояние от дизельного помещения до кабины, м.

3.I.2.I4. На машинах с акустической схемой типа I2 доля воздушного шума в кабине определяется:

$$L_{12}^{каб.} = 10lg\left(10^{0,1L_{выхл.12}^{каб.}} + 10^{0,1L_{дв.12}^{каб.}}\right), \text{ дБ}, \quad (27)$$

$$L_{дв.12}^{каб.} = L_{р.дв.} + 10lg\left(\frac{\chi_1}{2\pi R_{дв.}^2} + \frac{4\Psi_1}{B_{пом.}}\right) - 3И_{пер.} + 10lg S_{пер.1} -$$
$$- 3И_{пер.2} - 10lg B_{тамб.} + 10lg \frac{S_{пер.2}}{A_{каб.}} + 6, \text{ дБ}, \quad (28)$$

где $L_{выхл.12}^{каб.}$, $L_{дв.12}^{каб.}$ - соответственно доли шума выхлопа и двигателя в кабине. Доля шума выхлопа определяется по формуле (6).

$L_{р.дв.}, \chi_1, R_{дв.}, \Psi_1, B_{пом.}, A_{каб.}$ - см. п. 3.I.2.II, $B_{тамб.}$ - см. п. 3.I.2.9.

$3И_{пер.1}$, $3И_{пер.2}$ - соответственно звукоизоляция, дБ, перегородки между дизельным помещением и тамбуром площадью $S_{пер.1}$ и перегородки между тамбуром и кабиной площадью $S_{пер.2}$ (значения звукоизоляции выбираются по данным, приведенным на черт. I-33, приложения I, или рассчитываются по формулам, приведенным в разд. 5 настоящего РД, или принимаются по экспериментальным данным, приведенным в табл. 3).

3.I.2.I5. На машинах с акустической схемой типа I3 доля воздушного шума в кабине определяется энергетическим суммированием составляющих шума двигателя и выхлопа аналогично вышеописанному для всех машин с дизельным помещением. Доля шума двигателя подсчитывается по формуле (23). Доля шума выхлопа в кабине определяется:

$$L_{выхл.13}^{каб.} = L_{р.выхл.} - 20lg\, r_{выхл.13} + 10lg(1-\alpha_3) + ПН +$$
$$+ 10lg \frac{S_{пол.}}{A_{каб.}} - X - \beta + 6 \quad \text{, дБ}, \quad (29)$$

где $L_{р.выхл.}$; $ПН$; $A_{каб.}$; X; β - см. п. 3.1.2.4., α_3; $S_{пол.}$ - см.п.3.1.2.7;

$r_{выхл._{13}}$ - расстояние; $r_{выхл._{13}} = \sqrt{h^2 + \left(\frac{R_{выхл._{13}}}{2}\right)^2}$, м;

h - расстояние от среза выхлопной трубы до поверхности, на которой расположена машина, м;

$R_{выхл._{13}}$ - расстояние от среза выхлопной трубы до центра кабины, м.

3.1.2.16. Шум вокруг машины (на стандартном расстоянии 7,5 м) складывается из долей шума отдельных источников

$$L_{7,5} = 10\lg\left(10^{0,1L^{7,5}_{дв}} + 10^{0,1L^{7,5}_{ВЫХЛ}} + 10^{0,1L^{7,5}_{пр.ист.}}\right), \text{ дБ}; \qquad (30)$$

$$L^{7,5}_{дв.} = L_{р.дв.} + 10\lg\left(\frac{\chi}{2\pi r^2_{дв.}} + \frac{4\Psi}{B_{кап.}}\right) - 3И_{кап.} - 25, \text{ дБ}; \qquad (31)$$

$$L^{7,5}_{выхл.} = L_{Р.ВЫХЛ.} - 41, \text{ дБ}, \qquad (32)$$

где $L^{7,5}_{дв.}$ - доля шума двигателя на расстоянии S = 7,5 м, дБ;

$L^{7,5}_{выхл.}$ - доля шума выхлопа, дБ;

$L^{7,5}_{пр.ист.}$ - доля шума других источников, дБ, (см.п.3.1.1.5);

$L_{р.дв.}$, $L_{р.выхл.}$ - соответственно спектры звуковой мощности двигателя и выхлопа (выбираются в зависимости от типа двигателя по данным экспериментов, приведенным в табл. 2 или по техническому паспорту двигателя), дБ.

Обозначения χ; $r_{дв}$; Ψ; $B_{КАП}$; $3И_{КАП.}$ см. п.3.1.2.5.

3.2. Расчет структурной составляющей шума в кабине.

3.2.1. Доля структурного шума в кабине определяется

$$L^{каб.}_{стр.} = 10\lg\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1L_i}, \text{ дБ}, \qquad (33)$$

где $\bar{L}_i$ - звуковая энергия, излучаемая i-той ограждающей поверхностью кабины;

n - число элементов кабины.

3.2.2. Значение $\bar{L}_i$ определяется по формуле:

$$\bar{L}_i = L^{\delta}_{пол.} + 10\lg\frac{S_i}{\alpha_{каб.} \cdot S_{каб.}} + 10\lg j + 6 \quad , дБ, \quad (34)$$

где $L^{\delta}_{пол.}$ - уровни виброскорости поверхности, к которой подводится энергия (принимается, что в кабинах СДМ вибрация передается от пола к другим элементам ограждения кабины), дБ;

S_i - площадь i-той излучающей шум поверхности, м^2;

$\alpha_{каб.}$ - коэффициент звукопоглощения в кабине (см.табл. 4);

$S_{каб.}$ - площадь кабины, м^2;

j - коэффициент звукоизлучения i-той ограждающей поверхности кабины.

3.2.3. Вибрация пола кабины определяется:

$$L^{\delta}_{пол.} = L^{\delta}_{дв.} + \Delta L^{\delta}_{дв.} - L^{\delta}_{зат.} - \Delta L^{\delta}_{каб.} \quad , дБ, \quad (35)$$

где $L^{\delta}_{дв.}$ - уровни виброскорости источника (относительного стандартного нулевого порога виброскорости $v = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с по данным завода-изготовителя двигателя);

$\Delta L^{\delta}_{дв.}; \Delta L^{\delta}_{каб.}$ - перепад вибрации на амортизаторах, на которые установлены соответственно источник и (или) кабина, дБ, (данные берутся из паспортных данных амортизаторов);

$L^{\delta}_{зат.}$ - затухание вибрации по раме от источника вибрации до кабины, дБ.

3.2.4. Затухание вибрации по рамным конструкциям СДМ определяется по приближенной формуле:

$$\Delta L^{б}_{дат.} = 10 lg \frac{2R_б}{a_{уст.}} + \Delta \text{ , дБ,} \qquad (36)$$

где $R_б$ - расстояние от источника вибрации до кабины, м;

Δ = 1-2 дБ ;

$a_{уст.}$ наибольшее расстояние между точками крепления источника вибрации к раме (в частности, между лапами д.в.с.).

3.3. Расчет шума в кабине:

3.3.1. Спектр шума в кабине складывается (энергетически) из составляющих воздушного и структурного звука в кабине

$$L_{каб.} = 10 lg (10^{0,1 L_{возд.}} + 10^{0,1 L_{стр.}}) \text{ , дБ,} \qquad (37)$$

где $L_{возд.}$ - определяется расчетом см. п. 3.1;

$L_{стр.}$ - определяется расчетом см. п. 3.2.

3.4. Расчеты требуемого шумозаглушения:

3.4.1. Требуемое снижение шума на рабочем месте определяется по формуле:

$$L^{каб.}_{треб.} \geqslant L_{каб.} - L_{норм.} \text{ , дБ,} \qquad (38)$$

где $L_{каб.}$ - расчетный спектр шума на рабочем месте, в частности, в кабине, дБ (см.п. 3.3);

$L_{норм.}$ - норма шума, дБ ,(принимается согласно ГОСТ 12.1.003-76).

3.4.2. Требуемое снижение составляющей структурного звука при $L_{стр.} > L_{норм.}$ определяется:

$$L^{стр.}_{треб.} \geqslant 10 lg \left(10^{0,1 L_{каб.}} - 10^{0,1 L_{гсуд}}\right) - L_{норм.} + 3, \text{ дБ} \qquad (39)$$

где $L_{возд.}$ - доля воздушного шума в кабине или на рабочем месте, дБ (см. п. 3.1).

3.4.3. Требуемое снижение воздушной составляющей

$$L_{треб.}^{возд.} \geq 10lg\left(10^{0,1L_{каб.}} - 10^{0,1L_{стр.}}\right) - L_{норм.} + 3 \quad , дБ \quad , (40)$$

где $L_{стр.}$ - доля структурного звука в кабине или на рабочем месте, дБ, (см. п. 3.2).

3.4.4. Если воздушный шум проникает в кабину несколькими путями (каналами), то требуемое заглушение для i -го канала определяется:

$$L_{треб.i}^{возд.} \geq L_i - (L_{норм.} + 10lgn) \quad , дБ \quad , (41)$$

где L_i - рассчитанный спектр шума, проникающий в кабину каналом, дБ (см. п. 3.1);

n - число каналов.

3.4.5. В общем виде требуемое снижение шума выхлопа определяется

$$L_{треб.}^{выхл.} = L_{р.выхл.} - (L_{НОРМ.} + ЗИ_{каб.} + 20lgR_{выхл.} + 10lgm + 11) \, дБ \, , \quad (42)$$

где $ЗИ_{каб.}$ приведенная звукоизоляция кабины (табл. 5), дБ;

$R_{выхл.}$ - расстояние от среза выхлопной трубы до кабины, м;

m - число источников, шум которых превышает норм.

4. ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШУМОЗАЩИТЫ.

4.I. Общие мероприятия по снижению шума.

4.I.I. К числу общих мероприятий, направленных на создание малошумных машин, можно отнести:

применение малошумных источников;

уменьшение шума по пути его распространения;

выбор менее шумных способов ведения строительных работ;

расположение рабочих мест в удалении от источников шума.

4.I.2. Снижение шума может быть достигнуто в источнике, по пути распространения звука от источника до рабочего места, а также на рабочем месте.

4.I.3. Снижение шума в источнике достигается уравновешиванием вращающихся масс, снижением скорости вращения, увеличением жесткости и массы взаимодействующих деталей, уменьшением твердости соприкасающихся поверхностей, применением упруго-вязких материалов, уменьшением технологических допусков на изготовление и сборку, обеспечиванием плотного прилегания в местах связи сопрягаемых деталей, покрытием излучающих поверхностей вибродемпфирующими материалами, расчленением вибрирующих поверхностей, применением материалов с малыми значениями коэффициента звукоизлучения.

4.I.4. Уменьшение шума по пути его распространения достигается применением амортизации, экранированием или капотированием источника, установкой глушителей, применением звукоизолирующих перегородок. Основные конструкции шумозащиты СДМ показаны в табл.7.

4.I.5. Уменьшение шума на рабочем месте достигается установкой звукоизолирующей кабины, введением звукопоглощения в кабине, а также применением вибродемпфирования и виброизоляции кабины.

4.2. Рекомендации по снижению шума СДМ.

4.2.I. Если доля структурного звука превышает норму, то источник вибрации и кабина устанавливаются на амортизаторы.

КЛАССИФИКАЦИЯ ШУМОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Таблица 7

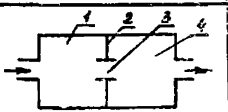
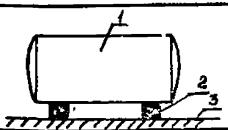
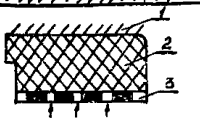
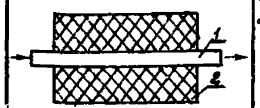
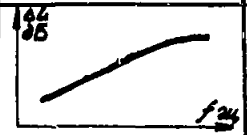
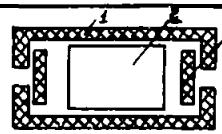
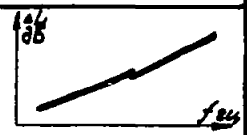
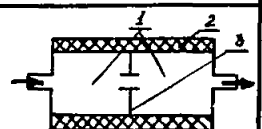
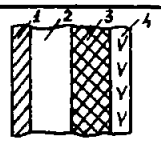
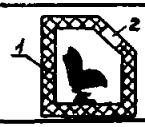
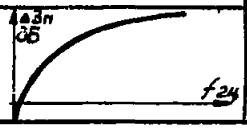
Физический эффект шумозащищения	№	Наименование шумозащитной конструкции	Схема	Обозначения на схеме	Спектр заглушения	Эффективность, дБ	Область применения
1	2	3	4	5	6	7	8
Отражение звука	1	Глушитель реактивный		1 – первая расширительная камера 2 – перегородка 3 – соединительная трубка 4 – вторая расширительная камера		8÷20	Глушение шума выпуска двигателей внутреннего сгорания
	2	Одностенное звукоизолирующее заграждение	—	—		12÷18	Дизельные отделения
	3	Амортизаторы		1 – источник вибрации 2 – виброизоляторы 3 – основание		5÷25	Виброизоляция двигателей внутреннего сгорания и др. судовых установок, кабины управления, рабочих органов вибрационного действия и пр.
Поглощение звука	4	Звукопоглощающая конструкция		1 – отражающая поверхность 2 – звукопоглощающий материал 3 – перфорированный лист		3÷7	Облицовка потолка (частично стен) в кабинах и дизельных помещениях, элемент звукоизолирующих капотов
	5	Глушитель активный		1 – перфорированная труба 2 – звукопоглощающая набивка		4÷10	Глушение шума всасывания двигателей внутреннего сгорания и компрессоров

Таблица 7 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
	6	Вибродемпфирующее покрытие		1-металлический лист 2-вибродемпфирующее покрытие		3÷10	Покрытие металлических элементов ограждения звукоизолирующих конструкций (кабины, перегородки, капоты)
Отражение и поглощение	7	Звукоизолирующий капот		1-звукопоглощающая облицовка 2-источник шума 3-экран		8÷18	Устанавливается на двигателе внутреннего сгорания, компрессора, редукторы и пр. источники
	8	Комбинированный глушитель		1-расширительные камеры 2-звукопоглощающая набивка 3-перегородка		10÷25	Глушение шума выхлопа двигателей внутреннего сгорания
	9	Двухстенное звукоизолирующее ограждение		1-металлический лист 2-воздушный промежуток 3-звукопоглощающий материал 4-вторая стена		15÷30	Перегородка между звездными помещениями или отдельными агрегатами и кабиной, конструкция пола и др.
	10	Звукоизолирующая кабина		1-звукоизолирующие элементы ограждения 2-остекление		10÷20	Защита рабочих мест операторов

4.2.2. Если доля шума выхлопа на рабочем месте или в кабине превышает норму, то для использования на СДМ рекомендуется выбрать один из опытных глушителей шума выхлопа д.в.с. (прилохение 3).

4.2.3. Для машин с акустической схемой типа I рекомендуется установить на двигатель звукоизолирующий капот. Основные конструктивные схемы капотов СДМ приведены в табл.8, а пример конструктивного исполнения стены капота показан на черт.6 прилохения 4. Характеристики шумозаглушения экспериментальных капотов показаны на черт.1-4 прилохения 2. Определенное снижение шума может быть достигнуто применением звукоизолирующего экрана, устанавливаемого вблизи двигателя. Размеры экрана по ширине и высоте должны не менее, чем вдвое превышать максимальные размеры двигателя.

4.2.4. Снижение шума в кабине машин с акустической схемой типа 2 может быть достигнуто усилением звукоизоляции кабины, установкой на двигатель звукоизолирующего капота. Усиление звукоизоляции металлических элементов ограждения кабины достигается:

применением двойного остекления;

применением многослойной и (или) двухстенной звукоизоляции;

акустической герметизацией отверстий и проемов.

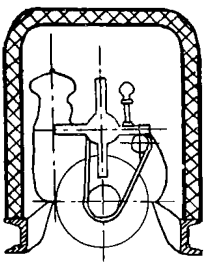
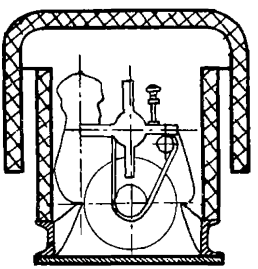
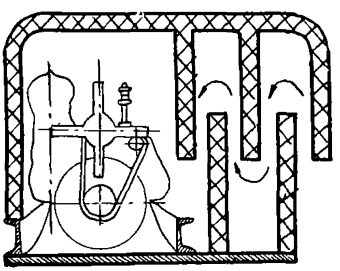
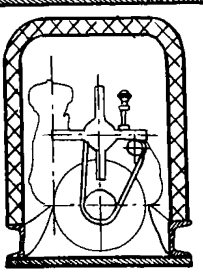
Основные элементы звукоизоляции кабин показаны на черт.2-5 прилохения 4.

4.2.5. Снижение шума на машинах с акустической схемой типа 3 достигается применением звукоизолирующего капота и закрытием нижнего проема в капоте. Сведения о конструкциях звукоизолирующих капотов показаны в табл.8.

4.2.6. Снижение шума на СДМ, имеющих схему типа 4, достигается закрытием в капоте отверстий и проемов, облицовкой внутренних поверхностей ограждения капота звукопоглощающими конструкциями (черт.6, прилохение 4).

ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ КАПОТОВ

Таблица 8

Тип капота	Схема конструкции
Открытый	
Полуоткрытый	
Полузакрытый с глушителем	
Полностью закрытый	

4.2.7. Для снижения шума в машинах с акустической схемой типа 5 необходимо увеличить звукоизоляцию кабины, применить пол с усиленной звукоизоляцией (черт. 2, приложение 4).

4.2.8. Для снижения шума машин с акустической схемой типа 6 в первую очередь, рекомендуется установить между кабиной и дизельным отделением перегородку с усиленной звукоизоляцией (черт.I, приложение 4), применив акустическую герметизацию отверстий или отделив кабину от капота воздушным промежутком (см. схему типа 5). Необходимо также усилить звукоизоляцию пола кабины. Меры по усилению звукоизоляции прочих элементов кабины те же, что и п. 4.2.4.

4.2.9. Для дополнительного снижения шума в машинах с акустической схемой типа 7 рекомендуется выполнить акустическую обработку внутренних поверхностей тамбура (черт. 6, приложение 4), остальные меры те же, что и в предыдущем разделе.

4.2.I0. Для снижения шума на машинах с акустической схемой типа 8, в первую очередь, необходимо усилить звукоизоляцию пола, применив двухстенную конструкцию (черт. I, приложение 4) с акустической обработкой отверстий. Дополнительные меры те же, что и для машин с акустическими схемами типов 2 и 4.

4.2.II. Для снижения шума машин с акустической схемой типа 9 рекомендуется, в первую очередь, применять перегородку с усиленной звукоизоляцией (черт. I, приложение 4) с акустической обработкой отверстий. В качестве дополнительной меры рекомендуется выполнить акустическую обработку внутренних поверхностей дизельного помещения (черт. 6, приложение 4).

4.2.I2. Машины с акустическими схемами типов I0-I2 являются менее шумными, чем машины с акустической схемой типа 9 и поэтому наиболее приемлемы при проектировании.

4.2.13. Для снижения шума в кабинах машин с акустической схемой типа I3 рекомендуется применять пол с усиленной звукоизоляцией (черт.2, приложение 4).

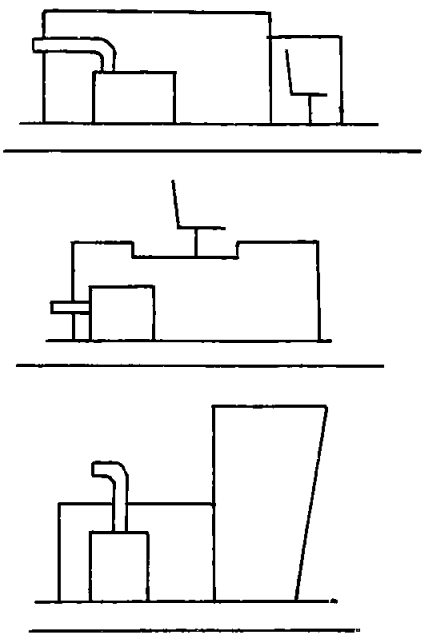
4.2.14. Расположение и направление выхлопа играет существенную роль в процессах шумообразования СДМ, поэтому рекомендуется направлять выхлоп вверх или в сторону, противоположную рабочему месту. Вывод выхлопной трубы должен осуществляться таким образом, чтобы поверхности капота и (или) дизельного помещения являлись бы экранами по отношению к рабочему месту (см.черт.5 и 6).

4.3. Общие требования к конструкциям шумозащиты.

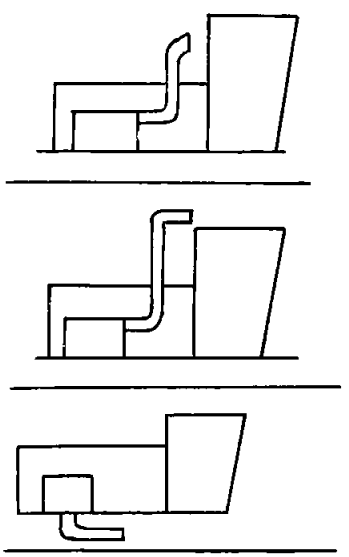
4.3.1. Шумозащитные конструкции должны быть технологичными, экономически приемлемыми и соответствовать требованиям эксплуатации машин.

4.3.2. Звукоизолирующие капоты должны обеспечивать требуемое шумозаглушение, для чего изнутри должны облицовываться звукопоглощающим материалом; должны быть виброизолированы или отделены от источников вибрации при помощи амортизаторов, виброизоляторов, гибких вставок или воздушных промежутков; металлические поверхности ограждения капотов рекомендуется покрывать слоем вибродемпфирующего материала; в стенах капота допускаются отверстия, щели, проемы минимальной величины; прикрепляемые к капоту внешние источники вибрации (например, корпус глушителя) также должны быть виброизолированы; конструкционные отверстия, проемы и пр. рекомендуется акустически обрабатывать; капот изготавливается из металла или пластмассы; открывающиеся элементы капота должны крепиться через резиновые уплотнения.

4.3.3. Звукоизолирующие кабины рекомендуется выполнять заодно с полом и устанавливать на резиновые или резино-металлические амортизаторы; со стороны особо шумных источников кабина должна иметь усиленную звукоизоляцию; поверхности ограждения кабины



Черт. 5. Удачное расположение газовыпускных трактов



Черт. 6. Неудачное расположение систем выпуска

в местах прохода трубопроводов и пр. должны быть герметизированы специальными прокладками или манжетами; в кабинах рекомендуется применять звукопоглощение; все крепления в кабинах (пульты управления и пр.) необходимо выполнять с применением амортизаторов; стекла кабины должны устанавливаться через профильные резиновые прокладки; двери кабины также уплотняются по периметру резиновой прокладкой; кабины или элементы кабин, расположенные со стороны интенсивных источников шума, рекомендуется выполнять двухстенными и с двойным остеклением.

4.3.4. Глушители шума выхлопа д.в.с. выполняются в виде специальной конструкции, как правило, реактивного типа с элементами гашения энергии газовой струи (например, перфорацией); объем глушителя должен быть не меньше суммарного рабочего объема всех цилиндров д.в.с.; поперечные сечения трубопроводов в глушителе не должны быть меньше сечения входного трубопровода; глушители изготавливаются из сталей, стойких к коррозии и воздействию тепловых нагрузок (порядка 400-500°С), толщиной не менее 2,6÷3,0 мм.

5. РАСЧЕТЫ ШУМОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

5.1. Звукоизоляция.

5.1.1. Классификация элементов звукоизоляции.

5.1.1.1. На СДМ в качестве различных звукоизолирующих конструкций (см.табл.9) применяются следующие элементы:

одностенные (однослойные);

двухслойные (с вибродемпфирующим или звукопоглощающим покрытием);

трехслойные;

трехслойные (типа "сэндвич");

двухстенные;

прочие.

5.1.1.2. Одностенная звукоизоляция применяется в качестве корпусных конструкций; двухстенные применяются в звукоизолирующих перегородках и кабинах, двухслойные и трехслойные типа "сэндвич" в капотах, многослойные одностенные используются в кабинах и перегородках.

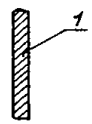
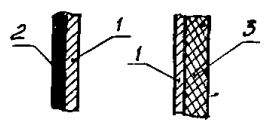
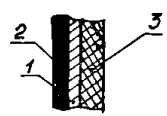
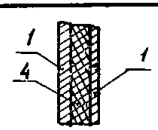
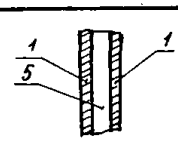
5.1.1.3. В двухстенных ограждениях соединения стен между собой осуществляется при помощи звукоизолирующих мостиков, в качестве которых используются резиновые прокладки.

5.1.2. Расчет звукоизоляции однослойных ограждений.

5.1.2.1. Из рассмотрения общего случая прохождения диффузного звука, через прямоугольную пластину ограниченных размеров следует, что частотная характеристика звукоизоляции однослойного ограждения состоит из трех частотных участков, механизм прохождения звука в которых различен. Полное прохождение звука в каждом из этих участков имеет место только на частотах собственных колебаний пластин с выполнением условий:

ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

Таблица 9

п/п на схеме	Наименование (тип) звукоизолирующей конструкции	Схема конструкции	Обозначения на схеме	Область применения
I	2	3	4	5
I	Одностенная (однослойная)		I-твердый материал	Обшивка, корпусные конструкции
II	Двухслойная: а) с вибродемпфированием; б) со звукопоглощением		2-вибродемпфирующее покрытие, 3-звукопоглощающий слой	Звукоизолирующие экраны, перегородки, капоты
III	Трехслойная			Звукоизолирующие капоты, перегородки
IУ	Трехслойная (типа "сэндвич")		4-мягкий, но несжимаемый слой	Зашивки в перегородках, перегородки
У	Двухстенные		5-воздушный промежуток	Звукоизолирующие перегородки, кабины

$$\left.\begin{matrix} m=m' \\ n=n' \end{matrix}\right\} \quad (43) \qquad \left.\begin{matrix} m=m' \\ n\neq n' \\ m\neq m' \\ n=n' \end{matrix}\right\} \quad (44) \qquad \left.\begin{matrix} m\neq m' \\ n\neq n' \end{matrix}\right\} \quad (45)$$

где $m;n$ – номер форм нормальных колебаний пластины;

$m';n'$ – номер форм распределения звукового давления в плоскости пластины.

Первое возможное соотношение индексов (43) получило название полного пространственного резонанса, второе (44) – неполного пространственного резонанса, третье (45) – простого резонанса.

На черт.20 приложения 1 представлена опытная частотная характеристика звукоизоляции пластины из дюралюминия . Размеры пластины в плане 60х50 см^2, h = 1,5 мм; ρ = 3,63 кг/м^2; D/ρ = 6,23 м^4/с ^{2}.

На графике наглядно видно деление частотной характеристики звукоизоляции исследуемой пластины на три частотных участка: I – область простых резонансов; II – область неполных пространственных резонансов; III – область пространственных резонансов.

5.1.2.2. Расчет звукоизоляции однослойных ограждений в каждой из расчетных областей проводится по следующей схеме:

определение граничных частот расчетных областей;

определение усредненного коэффициента звукоизлучения;

построение частотной характеристики звукоизоляции ограждения.

5.1.2.3. Определение граничных частот расчетных областей.

Граничная частота области простых резонансов.

Частота звука, на которой выполняются условия (45), определяется из рассмотрения картины совпадения звуко- и виброполей, откуда следует, что

$$f_{r(m)(n)} = \frac{C_0}{4a} = \frac{86}{a}\ \text{Гц} \qquad (46)$$

где C_0 = 344 м/с ;

a - наибольший размер пластины , м.

На черт.7 представлена номограмма для определения граничной частоты области простых резонансов, рассчитанная для решения уравнения (46).

Граничная частота области неполных пространственных резонансов.

За точное значение неполного пространственного резонанса, при котором становятся справедливыми и условия (44) принимается наинизшее значение частоты, подсчитанное по формулам:

$$f_{rm(n)} = f'_{rm(n)} + \Delta f_{rm(n)}$$

где $f_{r(m)n} = f'_{r(m)n} + \Delta f_{r(m)n}$

$$f'_{rm(n)} = \frac{C_0}{2a \cdot \sin\alpha_{m'n}}$$

$$f_{r(m)n} = \frac{}{2b \cdot \sin\alpha_{m'n}}$$

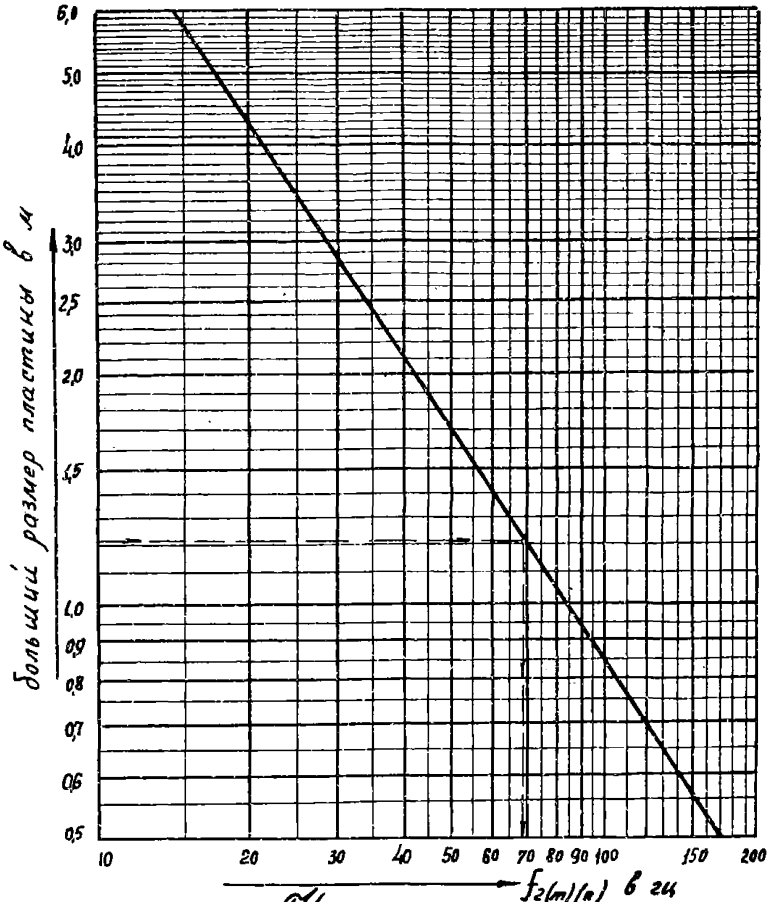
$\Delta f_{rm(n)}; \Delta f_{r(m)n}$ - поправка на дискретный характер собственных колебаний пластины.

Приближенное значение граничной частоты неполного пространственного резонанса, в которой не учтен дискретный характер собственных колебаний пластины, определяется по формуле:

$$f'_{rm(n)} = \frac{C_0}{\sqrt{\frac{4a^2}{4a^2+b^2}} \cdot 2b}\ \text{Гц} \qquad \text{или}$$

$$f'_{rm(n)} = \frac{}{\sqrt{\frac{K^2}{4K^2-1}} \cdot b}\ \text{Гц} \qquad (47)$$

где $K = \frac{a}{b}$; b - наименьший размер пластины в м.



Номограмма
для определения граничной частоты области простых резонансов

Черт. 7.

Ближайший больший резонанс и будет граничным резонансом области неполных пространственных резонансов.

На черт.8 изображена номограмма, для определения приближенного значения граничной частоты области неполных пространственных резонансов, рассчитанная для решения зависимости (47).

Граничная частота области пространственных резонансов.

Численное значение граничной частоты области пространственных резонансов определяется по зависимости:

$$f_{rmn} = f_r + \Delta f_{rmn}$$

где $$f_r = f_{кр.} = \frac{C_0}{2\pi}\sqrt{\frac{M}{D}} = \frac{18843}{\sqrt{\frac{D}{M}}}\ \text{Гц} \qquad (48)$$

при C_0 = 344 м/с , π = 3,14.

Δf_{rmn} – поправка, учитывающая дискретность частот собственных колебаний пластины ограниченных размеров.

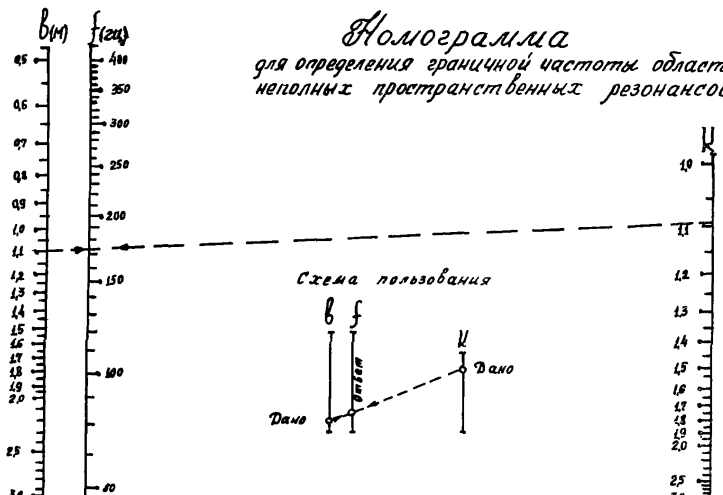
Для достаточно плотного спектра частот собственных колебаний, что встречается в большинстве практических случаев, приближенное значение граничной частоты пространственных резонансов можно определить по формуле (48). Для решения зависимости (48) составлена номограмма, представленная на черт.9, для ограждений из любых материалов.

5.1.2.4. Определение усредненного коэффициента звукоизлучения.

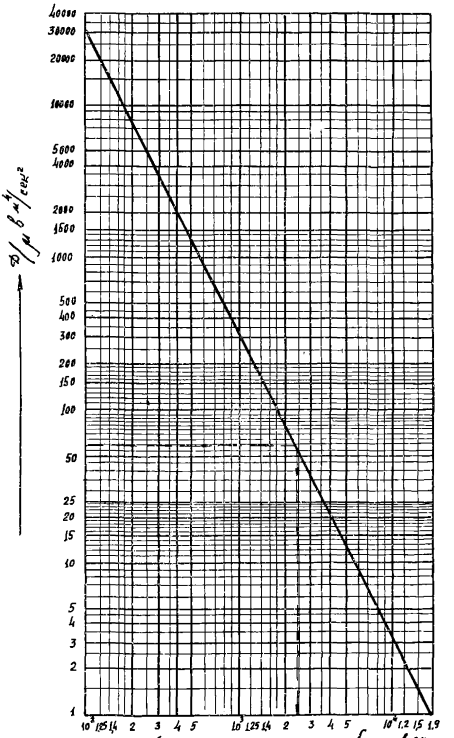
Область простых резонансов.

Усредненный коэффициент звукоизлучения в области простых резонансов определяется по зависимости:

$$\bar{\bar{S}} = \frac{16}{\pi^4}\Delta N \cdot \frac{n_{ср.}^2}{(n_{ср.}^2 - n_{ср.}'^2)^2} \cdot \frac{m_{ср.}^2}{(m_{ср.}^2 - m_{ср.}'^2)^2} \cdot \frac{f_в}{\Delta f} \cdot \cos\theta_в$$


Номограмма
для определения граничной частоты области
неполных пространственных резонансов.
в(м)
f(гц)
U
Схема пользования
в
f
U
Дано
Дано
Ответ

Черт. 8.



Номограмма
для определения граничной частоты
области пространственных резонансов

Черт. 9.

В практике измерения звукоизоляции ограждений чаще всего выделяются частотные полосы в 1/3 октавы, поэтому множитель

$$\frac{f_в}{\Delta f}\cdot\cos\theta_в = 2{,}3,$$

тогда коэффициент излучения будет равен:

$$\bar{\bar{S}} = 0{,}379\cdot\Delta N\cdot\frac{n^2_{ср.}}{(n^2_{ср.}-n'^2_{ср.})^2}\cdot\frac{m^2_{ср.}}{(m^2_{ср.}-m'^2_{ср.})^2}$$

где $m^2_{ср.}=n^2_{ср.}=\dfrac{f_{ср.}}{\sqrt{D/\mu}\cdot 1{,}57\left(\frac{1}{a^2}+\frac{1}{b^2}\right)}$ – номера форм собственных колебаний пластины.

Номера форм распределения звукового давления в плоскости пластины $m'_{ср.}$; $n'_{ср.}$ найдем из выражений:

$$(m'_{ср.})^2 = 0{,}0000169 f^2_{ср.}\cdot a^2$$

$$(n'_{ср.})^2 = 0{,}0000169 f^2_{ср.}\cdot b^2$$

ΔN – число резонансов в полосе $\Delta f = f_в - f_н$

$$\Delta N = \frac{\Delta f\, a\, b}{2\sqrt{D/\mu}}$$

Для упрощения расчета примем $f_в = 1{,}123\, f_{ср.}$; $\Delta f = 0{,}2313\, f_{ср.}$; $f_{ср.}$ – 1/3 октавы стандартного ряда среднегеометрических частот: 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000: $K=\dfrac{a}{b}$, тогда получим:

$$\bar{\bar{S}} = 0{,}04385\cdot\frac{K\cdot b\cdot f_{ср.}\left[\dfrac{0{,}06306\, f_{ср.}\cdot K^2 b^2}{(\sqrt[4]{D/\mu})^2\cdot(1+K^2)}\right]}{(\sqrt[4]{D/\mu})^2\left[\dfrac{0{,}06306\, f_{ср.}\cdot K^2\cdot b^2}{(\sqrt[4]{D/\mu})^2\cdot(1+K^2)} - 0{,}0000169 f^2_{ср.}\cdot K^2 b^2\right]^2}$$

$$\times\frac{1}{\left[\dfrac{0{,}06306\, f_{ср.}\cdot K^2 b^2}{(\sqrt[4]{D/\mu})^2\cdot(1+K^2)} - 0{,}0000169 f_{ср.}\cdot K^2 b^2\right]^2} \qquad (49)$$

Значения коэффициента звукоизлучения для области простых резонансов, подсчитанные по зависимости (49), можно свести в таблицу.

Область неполных пространственных резонансов.

Усредненный коэффициент излучения в области неполных пространственных резонансов определяется по зависимости:

$$\bar{\bar{S}} = \frac{4}{\pi^2} N_b \frac{N_{cp}^2}{(N_{cp.}^2 - N_{cp.}^{12})^2} \frac{f_b}{\Delta f} \cos\theta_b$$

С учетом того, что для частотных полос в 1/3 октавы множитель

$\frac{f_b}{\Delta f}\cos\theta_b = 2{,}3$ будем иметь:

$$\bar{\bar{S}} = 0{,}933 N_b \frac{N_{cp.}^2}{(N_{cp.}^2 - N_{cp.}^{12})^2} \quad \text{где } N_b = 0{,}00653 f_{cp.}(a+b)$$

$$N'_{cp.} = \sqrt{(0{,}0052 \cdot K \cdot b f_{cp.} - 1)(0{,}0052 b f_{cp.} - 1) 0{,}000043 \cdot K \cdot b^2 f_{cp.}}$$

$$N_{cp.} = \sqrt[4]{K^2\left(\frac{405769 b^4}{D/\mu} - \frac{416 b^3}{\sqrt{D/\mu}}\right) - K\left(\frac{416 \cdot b^3}{\sqrt{D/\mu}} - 043 b^2\right)}$$

Тогда получим

$$\bar{\bar{S}} = 0{,}00609 b (K+1) \times$$

$$\sqrt{K^2\left[\frac{0405776 b^4}{(\sqrt[4]{D/\mu})^4} - \frac{000416 b^3}{(\sqrt[4]{D/\mu})^2}\right] - K\left[\frac{000416 \cdot b^3}{(\sqrt[4]{D/\mu})^2} - 0{,}00004264 b^2\right]}$$

$$\times \left\{\sqrt{K^2\left[\frac{0405776 b^4}{(\sqrt[4]{D/\mu})^4} - \frac{000416 b^3}{(\sqrt[4]{D/\mu})^2}\right] - K\left[\frac{000416 b^3}{(\sqrt[4]{D/\mu})^2} - 0{,}00004264 b^2\right]} - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{\sqrt{(0{,}0052 \cdot K \cdot b f_{cp.} - 1)(0{,}0052 b f_{cp.} - 1) 0{,}000043 \cdot K \cdot b^2}} \right\} \quad (50)$$

Значения коэффициента звукоизлучения для области неполных пространственных резонансов, подсчитанные по зависимости (50), можно свести в таблицу.

Область пространственных резонансов.

Усредненный коэффициент звукоизлучения в области пространственных резонансов определяется по зависимости:

$$\bar{\bar{S}} = \frac{1}{\Delta f}\left(f_в\sqrt{1-\frac{f_{гр}}{f_в}} - f_н\sqrt{1-\frac{f_{гр}}{f_н}}\right).$$

Учитывая, что $\Delta f = 0{,}2313\, f_{гр}$; $f_в = 1.123\, f_{гр.}$; $f_н = 0{,}9\, f_{гр.}$, - см. формулу 48 или черт.9, получим:

$$\bar{\bar{S}} = 3{,}89\left(1{,}248\sqrt{1-\frac{f_{гр}}{1{,}123 f_{гр.}}} - \sqrt{1-\frac{f_{гр}}{0{,}9 f_{гр.}}}\right) \qquad (51)$$

5.1.2.5. Построение частотной характеристики звукоизоляции однослойного ограждения.

Область простых резонансов.

Звукоизоляция пластины в области простых резонансов определяется по формуле:

$$R = 10\lg\frac{1{,}17}{10^3}\cdot\frac{m^2 f_{гр}\cdot\Delta f\cdot\eta}{\bar{\bar{S}}\cdot N(\Delta f,\theta)}\ ;\ дБ$$

где m - масса единицы площади пластины, кг/м^2;

η - коэффициент потерь (табл.10);

$\Delta f = f_в - f_н$

$\bar{\bar{S}}$ - коэффициент звукоизлучения, подсчитывается по формуле (49).

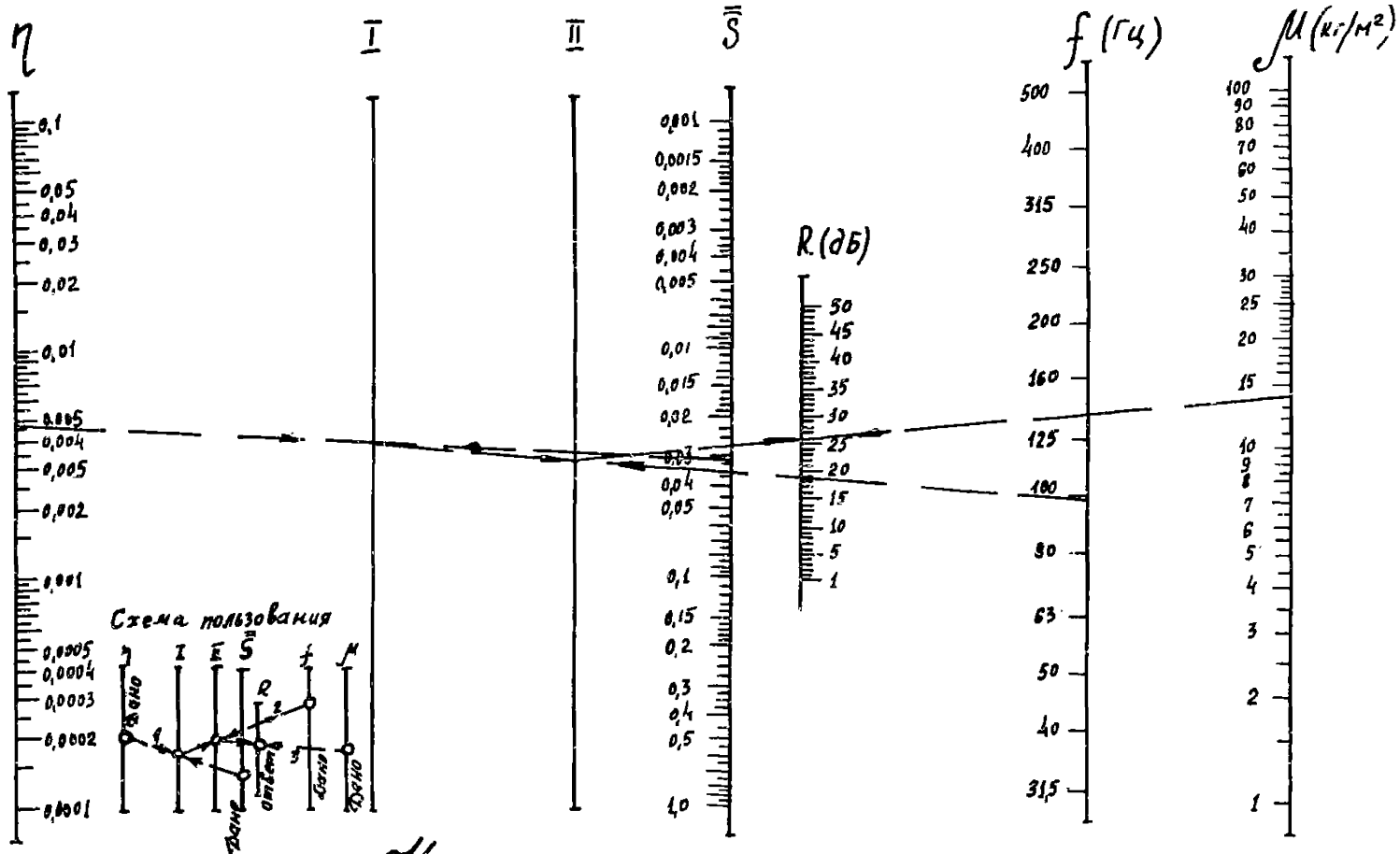
Если анализ звукоизоляции производится в третьоктавных полосах частот, то

$$N_{(\Delta f,\theta)} = \left[1-\left(\frac{f_{гр.}}{f_в}\right)^2\right] = 0{,}2$$

тогда

$$R = 10\lg\frac{585\, m^2 f\cdot\Delta f\cdot\eta}{\bar{\bar{S}}}, дБ \qquad (52)$$

На черт.10 представлена номограмма, рассчитанная для решения зависимости (52).


η
I
II
S
R (дБ)
f (Гц)
M (кг/м²)
Схема пользования
Дано
Дано
Дано

Область неполнх пространственнх резонансов.

Звукоизоляция пластины в области неполных пространственных резонансов определяется по зависимости:

$$R = 10\lg\frac{146}{10^3}\cdot\frac{M^2 f\cdot\Delta f\cdot\eta}{\bar{S}}, \text{ дБ}, \qquad (53)$$

где $\bar{S}$ - определяется по зависимости (50);

f - расчетная частота, Гц.

Для решения зависимости (53) рассчитана составная номограмма с параллельными шкалами, которая представлена на черт.11.

Область пространственных резонансов.

Звукоизоляция пластины в области пространственных резонансов определяется по зависимости

$$R = 10\lg\frac{0{,}73\cdot M^2\eta\cdot f^3}{10^4\cdot f_r\cdot\bar{S}}, \text{ дБ}, \qquad (54)$$

где $\bar{S}$ - определяется по зависимости (51);

η - коэффициент потерь (табл.10);

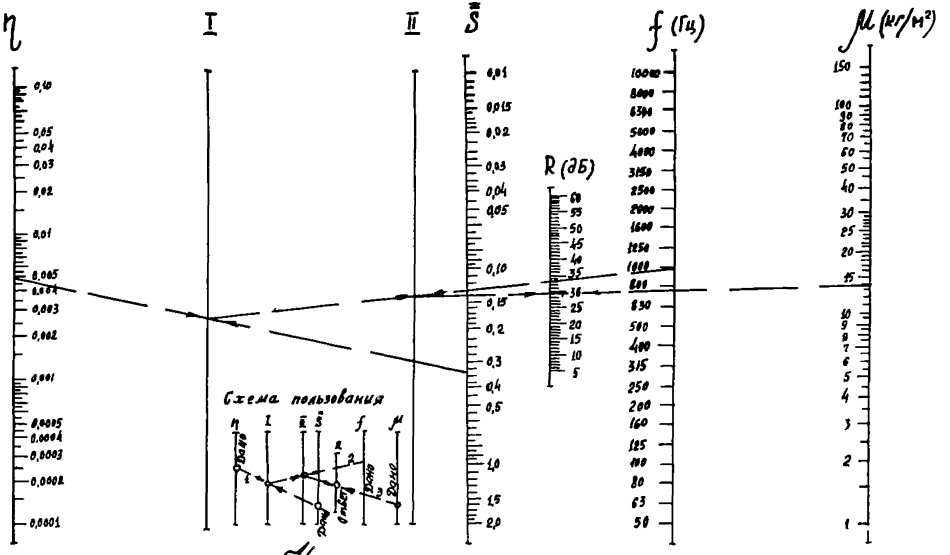
f_r - определяется по зависимости (48) или номограмме черт.9.

5.1.3. Расчет звукоизоляции двухстенных конструкций.

5.1.3.1. Звукоизоляция в районе низких частот от нижней расчетной частоты до первой граничной $f_{гр}$, определяется по формуле

$$ЗИ_{12} = 14{,}5\left[\lg f + \lg(M_1 + M_2) - 2\right], \text{ дБ}, \qquad (55)$$

где $M_1; M_2$ - поверхностные веса первой и второй перегородок, кг/м^2.



Номограмма
для определения звукоизоляции однослойных ограждений в области неполных пространственных резонансов.

Черт. 11

$$f_{гр.1} = \frac{850}{\sqrt{d}} \cdot \sqrt{\frac{\mu_1 + \mu_2}{\mu_1 \cdot \mu_2}}, \text{ Гц}, \qquad (56)$$

где d - толщина воздушного промежутка, см.

5.1.3.2. Начиная с частоты $f_{гр.1}$ и до частоты $f_{гр.2}$ дополнительная звукоизоляция воздушного промежутка толщиной от 5 до 15 см определяется

$$ЗИ_{12} = ЗИ + \frac{d}{2}, \text{ дБ},$$
$$f_{гр.2} = \frac{8500}{d}, \text{ Гц}. \qquad (57)$$

$ЗИ$ - рассчитывается по данным п. 5.1.2.

5.1.3.3. Начиная с частоты $f_{гр.2}$ и до верхней расчетной граничной частоты звукоизоляция рассчитывается по формуле

$$ЗИ'_{12} = Ф_к (ЗИ_1 + ЗИ_2), \text{ дБ}, \qquad (58)$$

$ЗИ_1; ЗИ_2$ звукоизоляция первой и второй пластин, дБ, определяется по данным п.5.1.2

$Ф_к$ - численный коэффициент

$$Ф_к = 0{,}80 + 0{,}10 \lg \frac{f}{f_{гр.2}}, \text{ при } \frac{f}{f_{гр.2}} < 10$$
$$Ф_к = 0{,}9, \text{ при } \frac{f}{f_{гр.2}} \geqslant 10$$

где f - частота, для которой рассчитывается звукоизоляция.

5.1.3.4. Звукоизоляция при применении в воздушном промежутке звукопоглощающего материала определяется

$$ЗИ_п = ЗИ + \Delta ЗИ_п, \text{ дБ}, \qquad (59)$$

где $ЗИ$ – звукоизоляция двухстенной конструкции без звукопоглощающего материала, дБ;

$\Delta ЗИ_{п}$ – дополнительная звукоизоляция за счет звукопоглощающего материала (табл.11).

5.1.4. Расчет звукоизоляции многослойных ограждений.

5.1.4.1. Звукоизоляция двухслойной конструкции со звукопоглощением, вплотную расположенном к основной пластине звукоизоляции ($ЗИ_{1}$), определяется:

$$ЗИ_{пол.} = ЗИ_{1} + \Delta ЗИ_{1}, \text{ дБ}, \qquad (60)$$

где $\Delta ЗИ_{1}$ – дополнительная звукоизоляция за счет слоя звукопоглощения, дБ.

$$\Delta ЗИ_{1} = 7 \lg d\beta, \text{ при } \beta d_{п} > 1$$
$$\Delta ЗИ_{1} = 0, \text{ при } \beta d_{п} \leq 1$$

где β – коэффициент затухания; 1/см,

$d_{п}$ – толщина слоя звукопоглощающего материала, мм.

Значения коэффициента затухания могут быть получены из табл.12.

5.1.4.2. Звукоизоляция двухслойной конструкции с нанесением слоя вибродемпфирования определяется по формуле:

$$ЗИ_{выбр.} = ЗИ_{1} + \Delta ЗИ_{выбр.}, \text{ дБ}, \qquad (61)$$

где $\Delta ЗИ_{выбр.}$ – увеличение звукоизоляции конструкции за счет нанесения на нее слоя вибродемпфирующего покрытия, дБ.

$$\Delta ЗИ_{выбр.} = (10 \div 15) \lg \frac{\eta_{2}}{\eta_{1}}$$

$\eta_{2}; \eta_{1}$ – коэффициенты потерь соответственно пластины (табл.10) и пластины с нанесенным покрытием (табл.13).

Таблица 10

Коэффициенты потерь некоторых материалов

Материалы	Октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Сталь	0,003	0,0026	0,0024	0,0021	0,002	0,0018	0,0017	0,0016
Алюминиевый сплав	0,007	0,0062	0,0052	0,0042	0,004	0,0037	0,0034	0,0032
Стеклопластик	0,025	0,025	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Дерево	0,032	0,030	0,028	0,026	0,024	0,022	0,020	0,018

Таблица 11

Значения дополнительной звукоизоляции за счет применения звукопоглощающих материалов

Гц	160 и ниже	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600 и выше
дБ	0	1	2	3	4	5	5	5	6	7	8

Таблица 12

Коэффициенты затухания звукопоглощающих материалов

Наименование звукопоглощающих материалов	Средние частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Теплоизвукоизоляционный материал АТМ-1	0,014	0,020	0,035	0,080	0,142	0,198	0,220	0,220
Поропласт полиуретановый	0,026	0,074	0,122	0,19	0,30	0,37	0,42	0,5
Теплоизоляционный материал ВТ-4	0,016	0,041	0,066	0,082	0,091	0,120	0,130	0,130
Теплоизвукоизоляционный материал ВТ-4С	0,014	0,033	0,053	0,062	0,081	0,140	0,170	0,170
Теплоизоляционный материал АТИМСС	0,012	0,028	0,044	0,058	0,082	0,019	0,20	0,20
Плиты из штапельного волокна марки Б	0,014	0,038	0,061	0,083	0,105	0,132	0,156	0,176
Плиты полужесткие минераловатные на фенольной связке	0,018	0,061	0,104	0,150	0,180	0,320	0,450	0,470

Таблица 13

Коэффициенти потерь материалов, на которне нанесени вибродемпфирующие покрытия

Материал покрытия	Толщина вибродемпфирующего покрытия, мм	Толщина основного материала, мм	Октавние полосн частот Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
		Основной материал ие стали								
"Антивибрит-2"	4	2	0,21	0,18	0,16	0,15	0,16	0,17	0,16	0,14
ВМ-2	4	2	0,14	0,15	0,17	0,17	0,16	0,15	0,12	0,09
СВМ-73	8	2	0,23	0,23	0,23	0,22	0,21	0,20	0,16	0,09
"Радуга"	3,6	2	0,12	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17
БМП	4	2	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
Мастика "Нева"	20	2	0,015	0,012	0,012	0,012	0,01	0,01	0,01	0,009
Линолеум поливинилхлоридний	2	2	0,020	0,02	0,018	0,016	0,016	0,016	0,014	0,014
Пенополиуретан теплоизолирующий	20	2	0,006	0,005	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	0,001
Маты ВТ-4 и НТМ	40	2	0,01	0,008	0,007	0,006	0,002	0,002	0,002	0,002
		Основной материал из алюминиевых сплавов								
Линолеум поливинилхлоридний	2	2	0,05	0,05	0,045	0,045	0,040	0,040	0,035	0,035

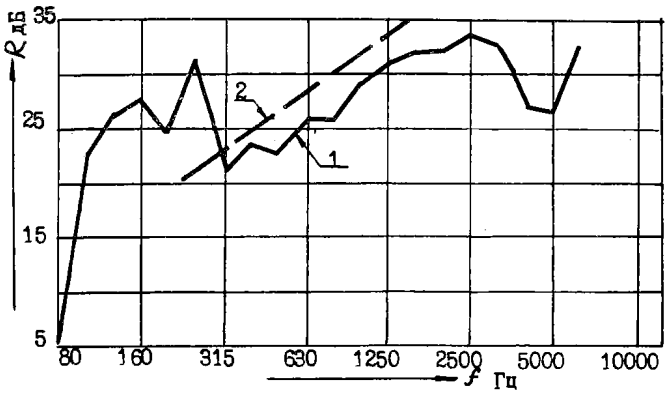
ПРИЛОЖЕНИЕ I.
Справочное

Частотные характеристики звукоизоляции тонких ограждений, полученные в реверберационных камерах Горьковского инженерно-строительного института (ГИСИ)

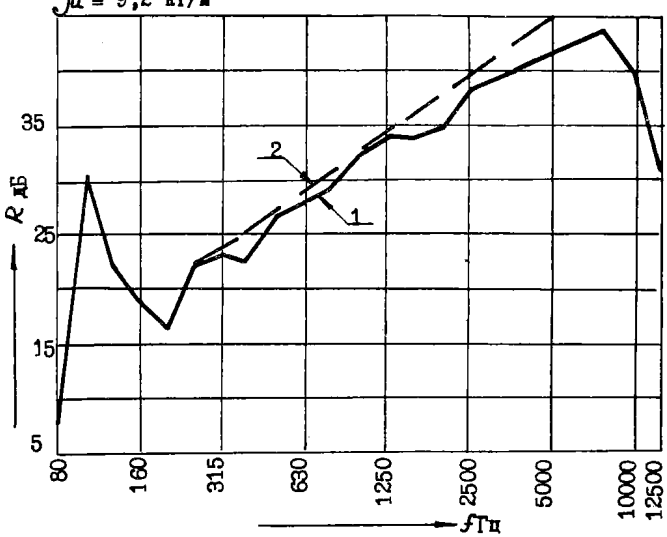
В данном приложении представлены частотные характеристики звукоизоляции некоторых видов ограждения, полученные в реверберационных камерах ГИСИ [21] . На черт. I0,27-33 представлены частотные характеристики звукоизоляции, измеренные в малых реверберационных камерах ГИСИ.

Частотные характеристики звукоизоляции, изображенные на черт. I-26 (кроме I0), получены в больших реверберационных камерах ГИСИ.

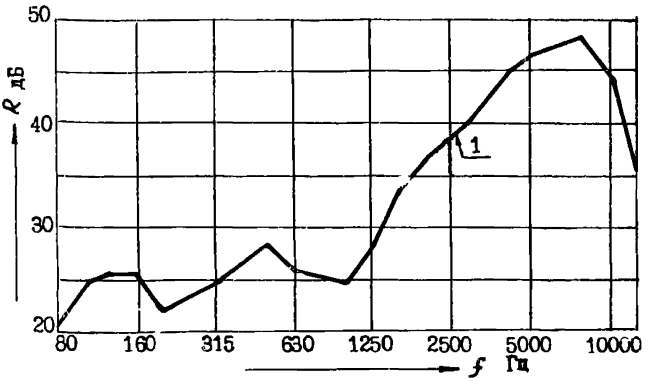
Точность экспериментального определения звукоизоляции тонких однослойных ограждений в реверберационных камерах ГИСИ, характеризуется предельной погрешностью $|\Delta_n R|$ = I + 2дБ при доверительной вероятности 0,95 [5].



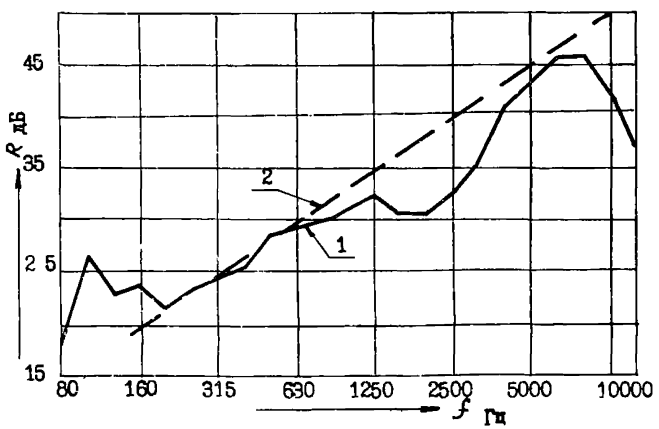
Черт.1. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия с ВПМ-ЗГИСИ размером 60х60 см^2, h =3 мм, μ = 9,2 кг/м^2



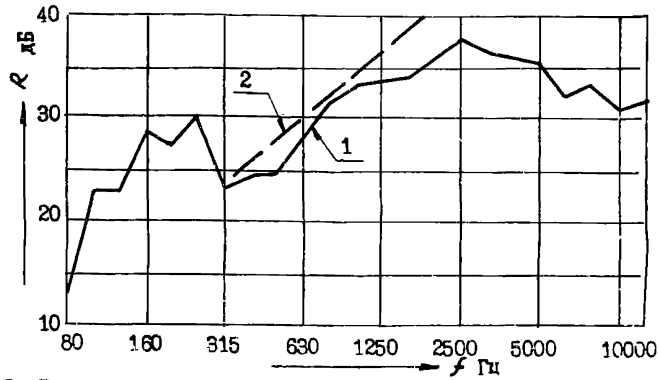
Черт.2. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из стали ВПМ-ЗГИСИ размером 60х60 см^2, h =1мм, μ = 8,7 кг/м^2



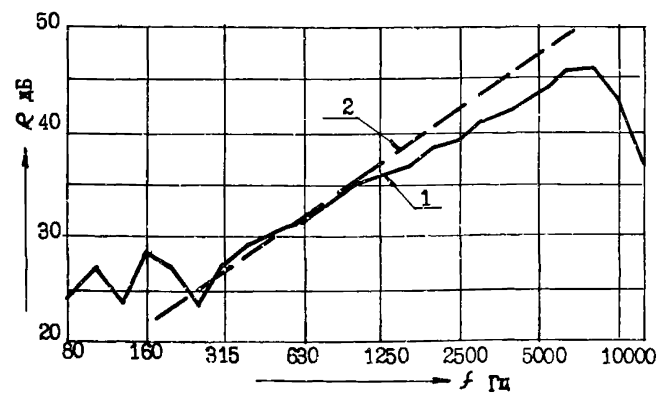
Черт. 3. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из стали с наклеенным поролоном h = 40 мм, размером 60х60 см^2, h = 1мм, μ = 10,6 кг/м^2



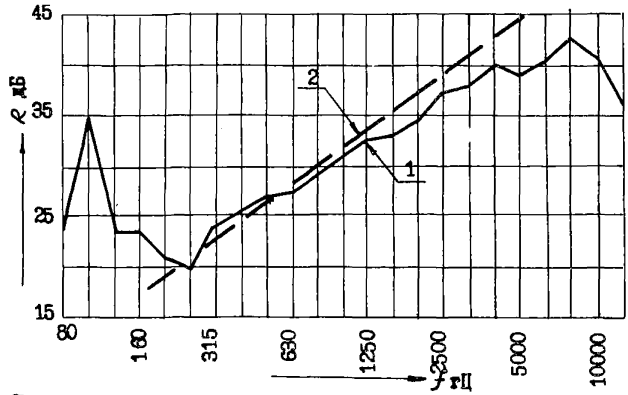
Черт. 4. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из стали с наклеенным поролоном h = 20 мм, размером 60х60 см^2, h = 1 мм, μ = 9,2 кг/м^2



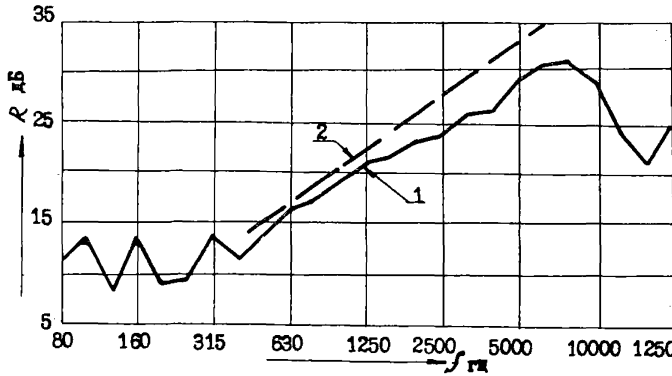
Черт.5. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из стали с наклеенным оргалитом h = 12 мм, размером 60х60 см^2, h = 1 мм, μ = 11,5 кг/м^2



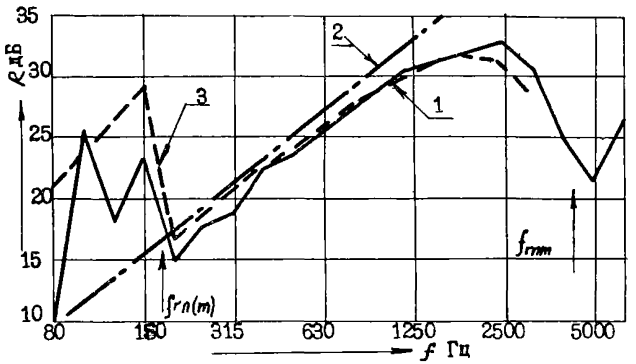
Черт.6. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из стали с наклеенным линолеумом h = 3,5 мм, размером 60х60 см^2, h = 1 мм, μ = 12 кг/м^2



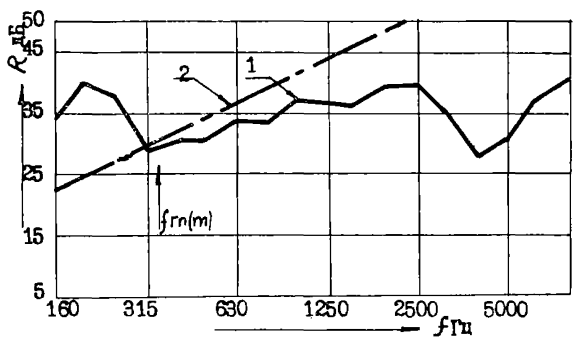
Черт.7. Частотная характеристика звукоизоляции пластины из стали с наклеенным асбестом h = 3 мм, размером 60х60 см^2, h = 1 мм, μ = 7,9 кг/м^2



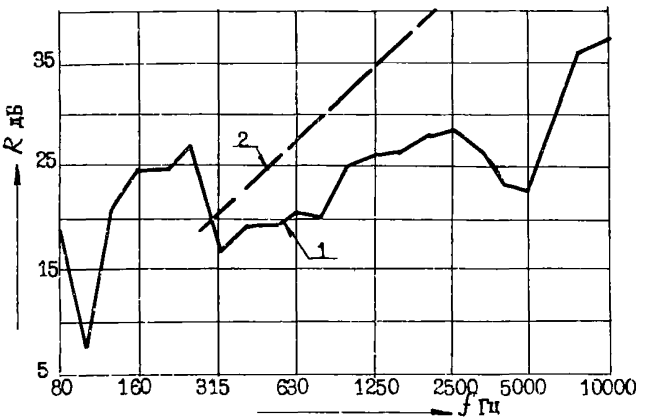
Черт.8. Частотная характеристика звукоизоляции пластины из алюминия размером 60х60 см^2, h = 1 мм, μ = 2,6 кг/м^2



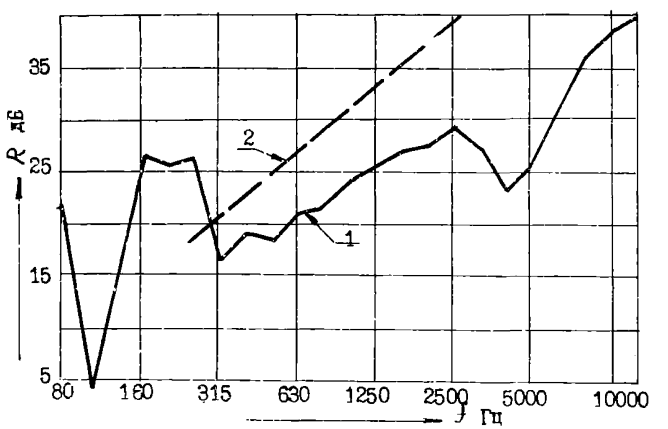
Черт.9. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия размером 120х110 см^2; h =3мм; D/μ =22,8м^4/с^2; μ = 7,93 кг/м^2.



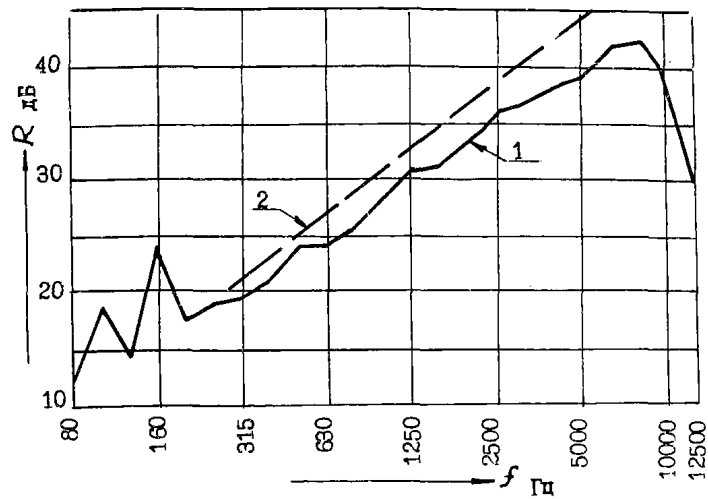
Черт.10. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из стали размером 102х48 см^2; h = 3,2 мм; D/μ = 22,5 м^4/с^2; μ = 24,96 кг/м^2.



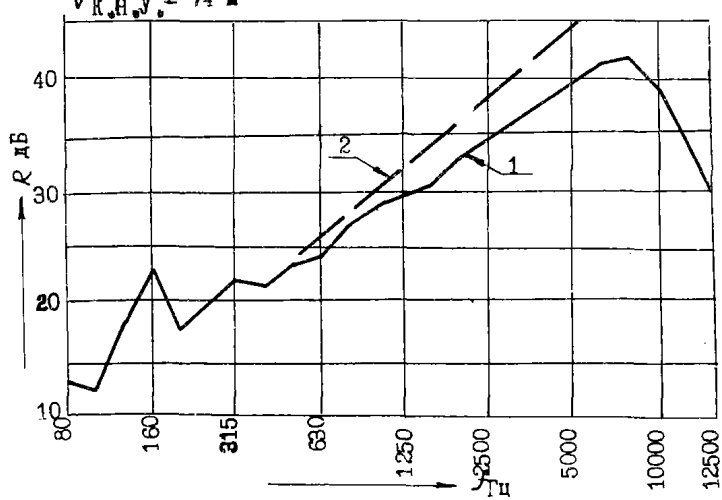
Черт.11. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия размером 60х60 см^2, h = 3 мм, μ = 8,23 кг/м^2, $V_{к.н.у.}$ = 74 м^3.



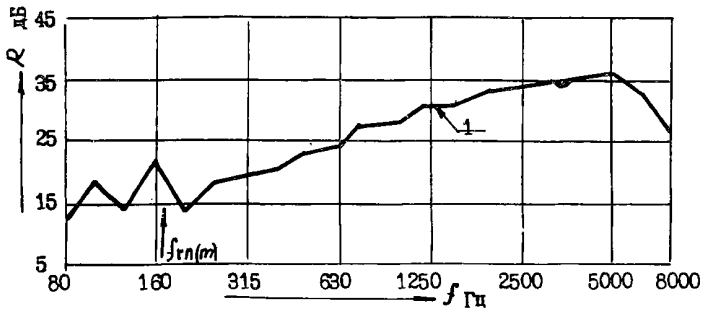
Черт.12. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия размером 60х60 см^2, h = 3 мм, μ = 8,23 кг/м^2, $V_{к.н.у.}$ = 150 м^3.



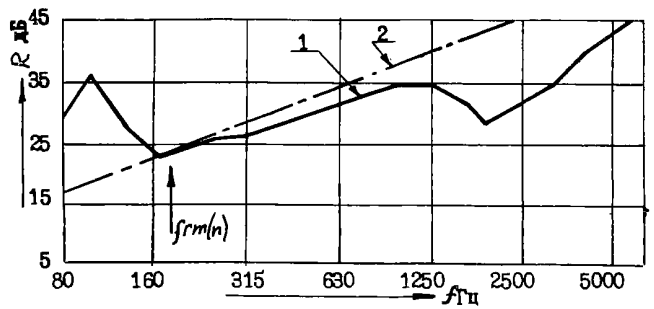
Черт.13. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из стали размером 60х60 см^2, h = 1мм, μ = 8 кг/м^{2}6
$V_{к.н.у.}$ = 74 м^3



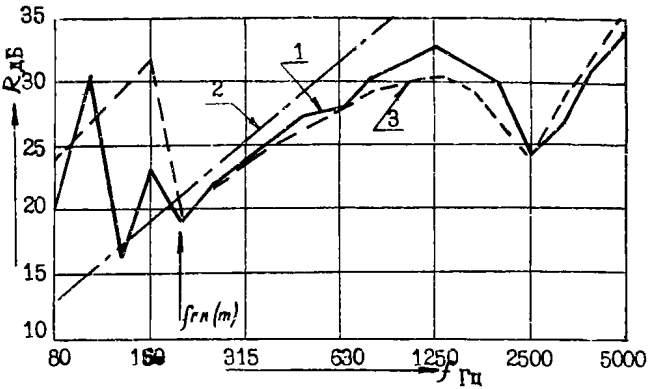
Черт.14. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из стали размером 60х60 см^2, h = 1мм, μ =8 кг/м^2
$V_{к.н.у.}$ = 150 м^3



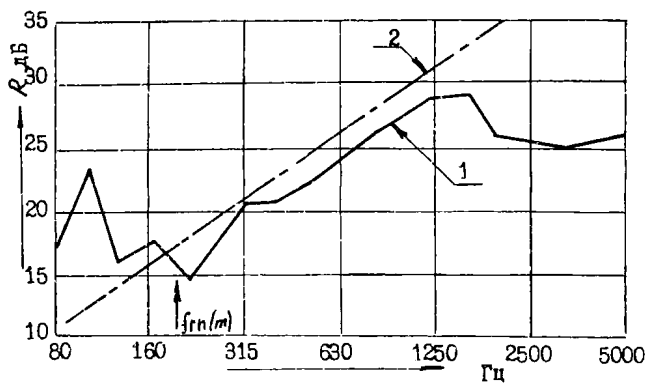
Черт.15. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из органического стекла размером 120х108 см^2, h =4,2 мм, D/μ = 6,926 м^4/с^2, μ = 5,04 кг/м^2



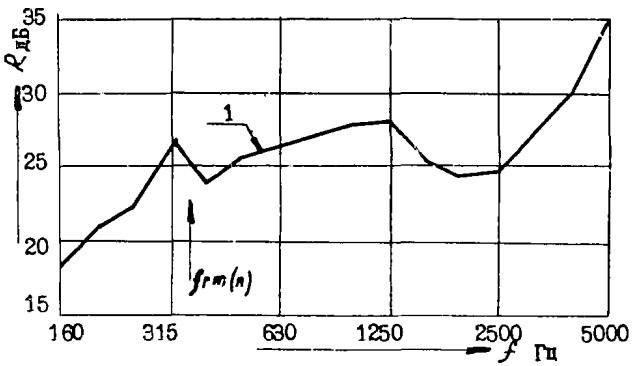
Черт.16. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из органического стекла размером 120х108 см^2, h = 15 мм, D/μ = 88 м^4/с^2, μ = 18 кг/м^2.



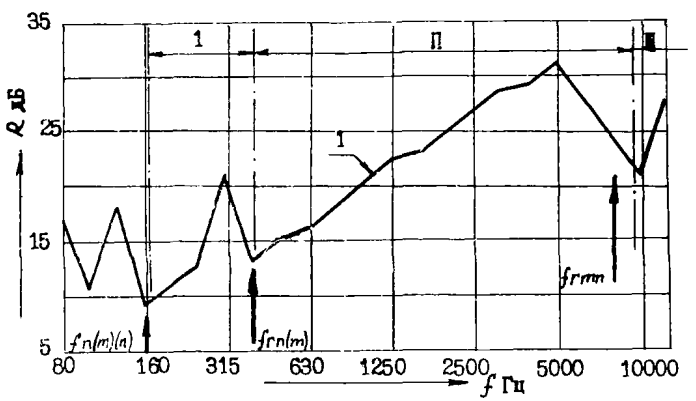
Черт.17. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия размером 120x110 см^2, h = 5 мм; D/μ = 59,75 м^4/с^2, μ = 14 кг/м^2



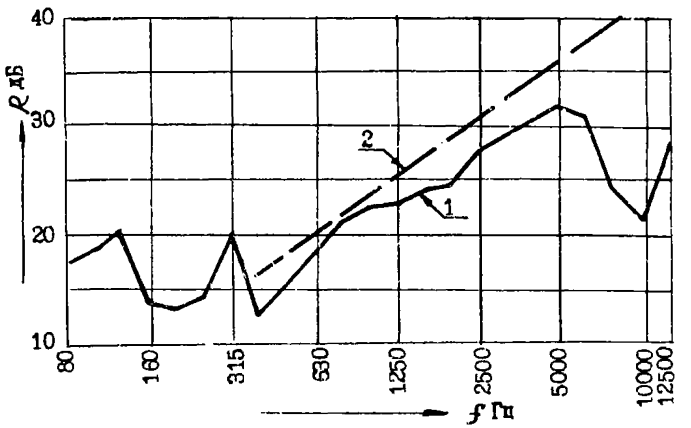
Черт.18. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из фанеры размером 120x108 см^2, h = 10 мм, D/μ = 56,5 м^4/с^2, μ = 6 кг/м^2.



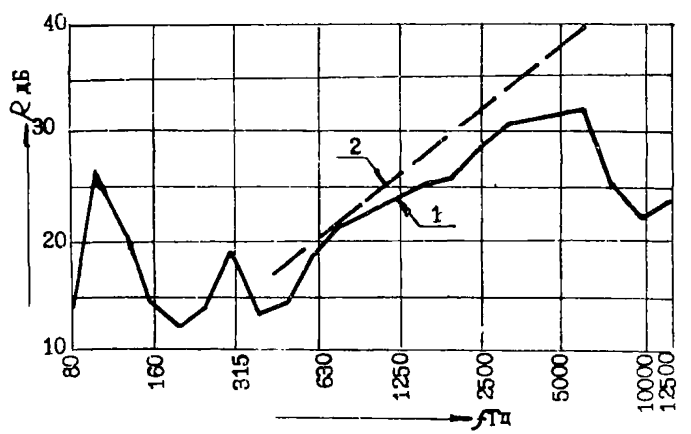
Черт.19. Частотная характеристика звукоизоляции пластины из силикатного стекла размером 54х50 см^2, h = 5,5 мм, D/μ = 59,6 м^4/с^2, μ = 13,75 кг/м^2.



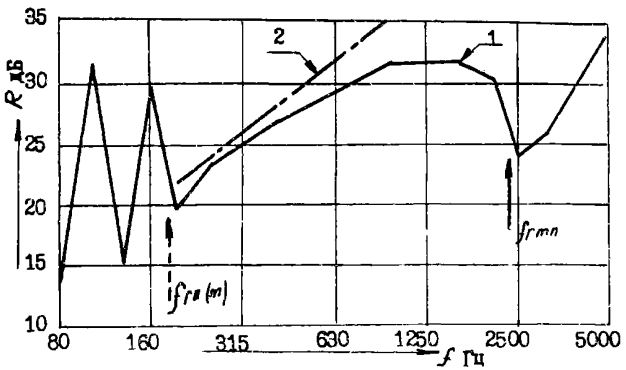
Черт.20. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия размером 60х50 см^2, h = 1,5 мм, D/μ = 6,23 м^4/с^2, μ = 3,63 кг/м^2.



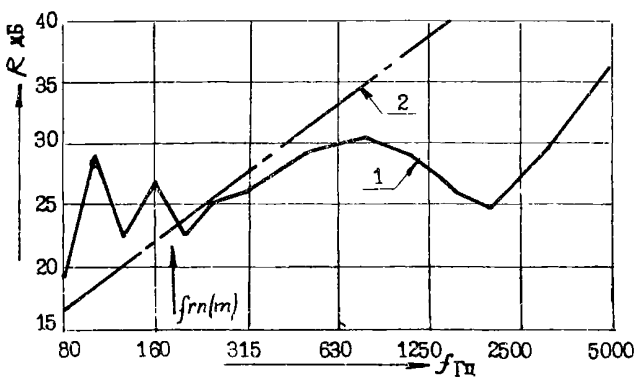
Черт.21. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия размером 60х60 см^2, h = 1,5 мм, μ = 3,8 кг/м^2, $V_{к.н.у.}$ = 150 м^3.



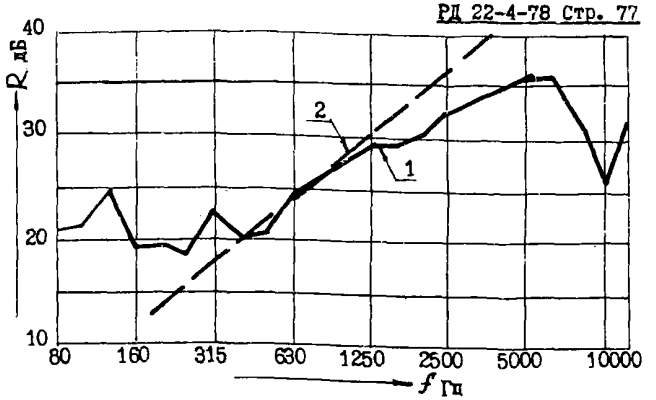
Черт.22. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия размером 60х60 см^2, h = 1,5 мм, μ = 3,8 кг/м^2, $V_{к.н.у.}$ = 74 м^3.



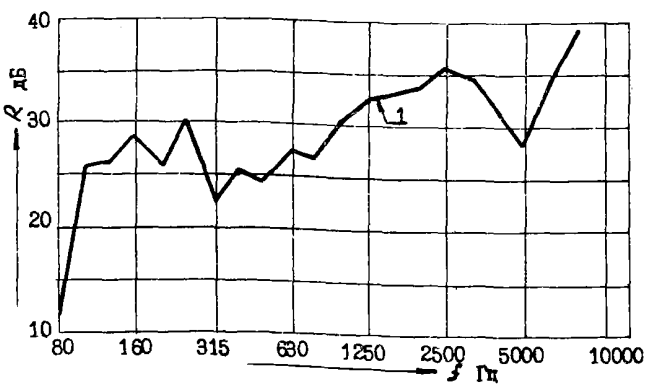
Черт.23. Частотные характеристики пластин из дюралюминия 191х108 см^2, h = 5 мм, D/μ = 59,75 м^4/с^2, μ =14 кг/м^2.



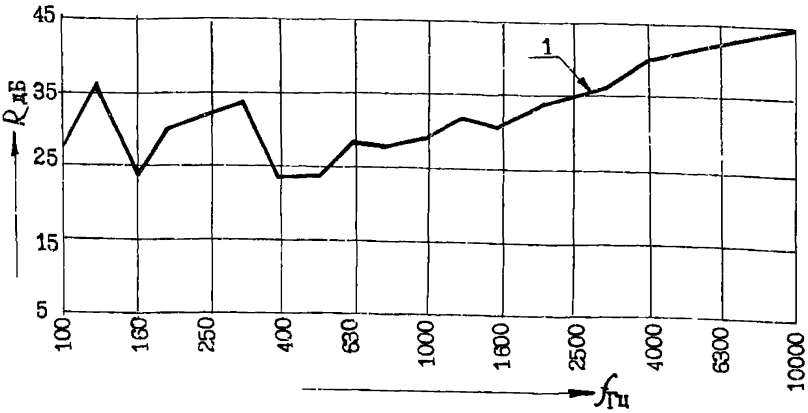
Черт.24. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из древесностружечной плиты размером 120х108 см^2 h = 23 мм, D/μ = 115,5 м^4/ с^2, μ = 16,7 кг/м^2.



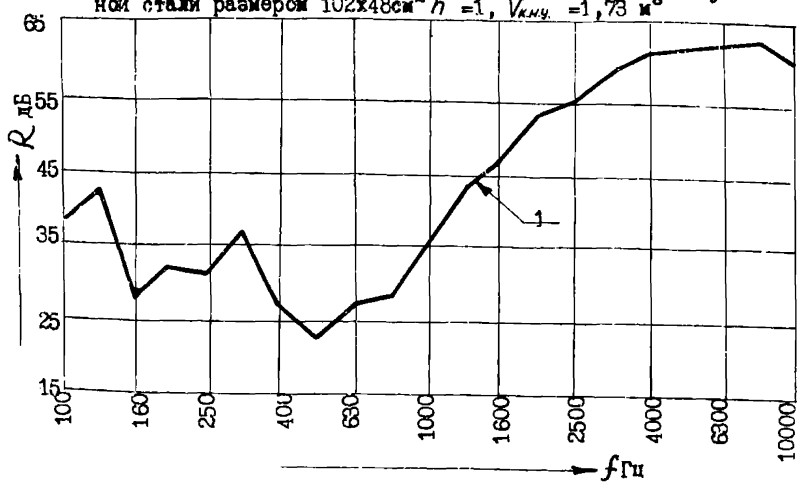
Черт.25. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия с $_2$ВПМ-3ГИСИ размером 60х60 см^2, h = 1,5мм, μ = 4,9 кг/м^2



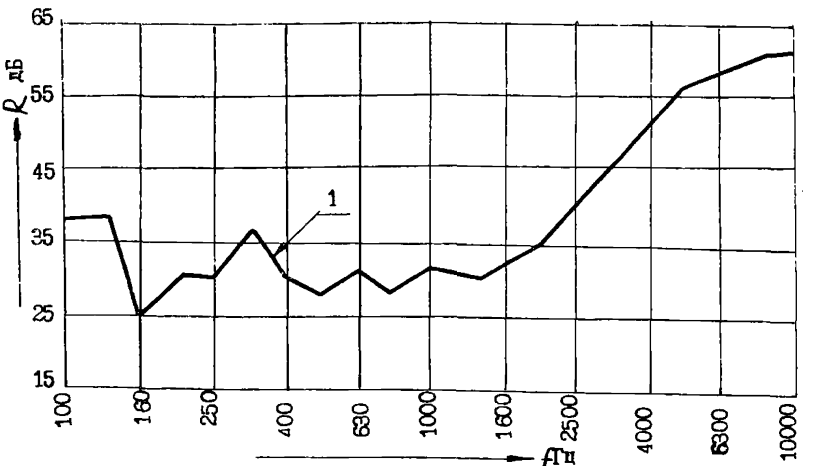
Черт.26. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия с $_2$ВПМ-4ГИСИ размером 60х60 см^2, h = 3 мм, μ = 9,4 кг/м^2



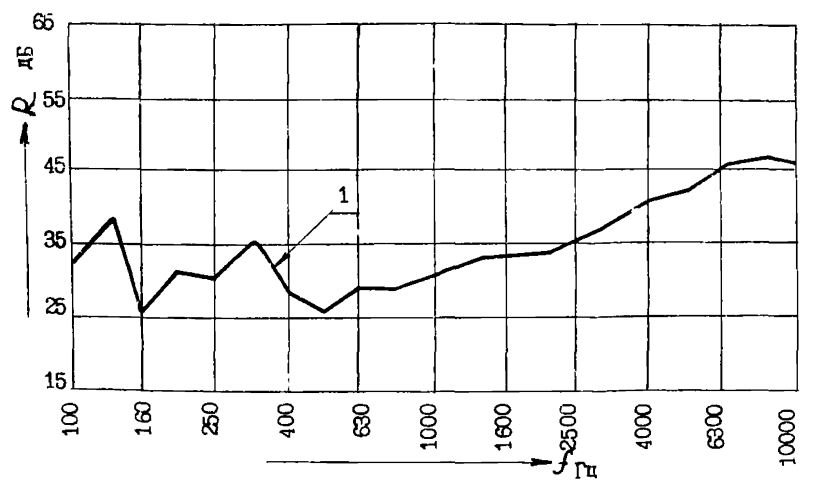
Черт.27. Частотная характеристика звукоизоляции пластины из кузовной стали размером 102х48см, h =1, $V_{к.н.у.}$ =1,73 м^3



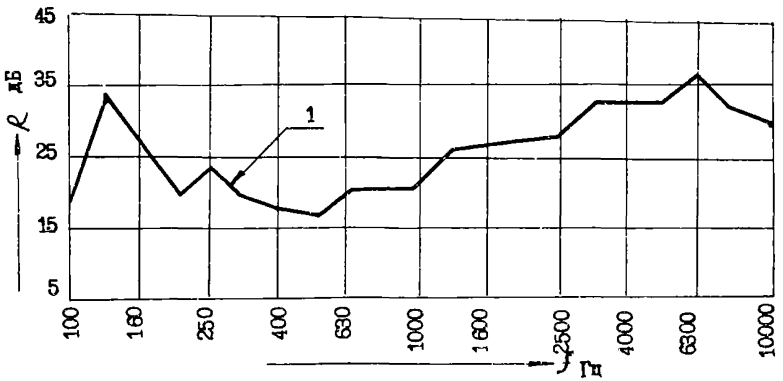
Черт.28. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из кузовной стали с покрытием (внутренний слой – прокладки битумные, наружный слой – панели слоистые противошумные. $V_{к.н.у.}$ = 1,73 м^3



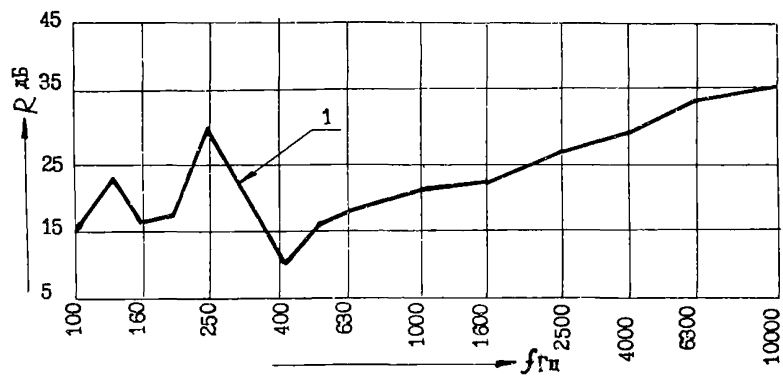
Черт.29. Частотные характеристики звукоизоляции пластины из кузовной стали с покрытием (внутренний слой – прокладки битумные противошумные, наружный слой – искусственная кожа на льноватине).



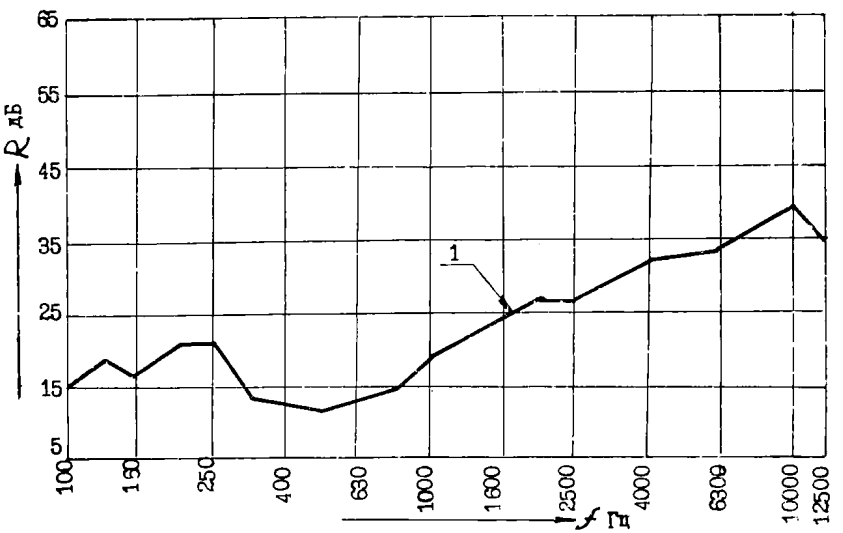
Черт.30. Частотная характеристика звукоизоляции пластины из стали h = 1 мм с покрытием из битумной мастики марки 579 толщиной h = 1,5 мм.



Черт.31. Частотная характеристика звукоизолящии пластины из синего картона размером 102х48 см^2, $V_{к.н.у.}$ = 1,73 м^3



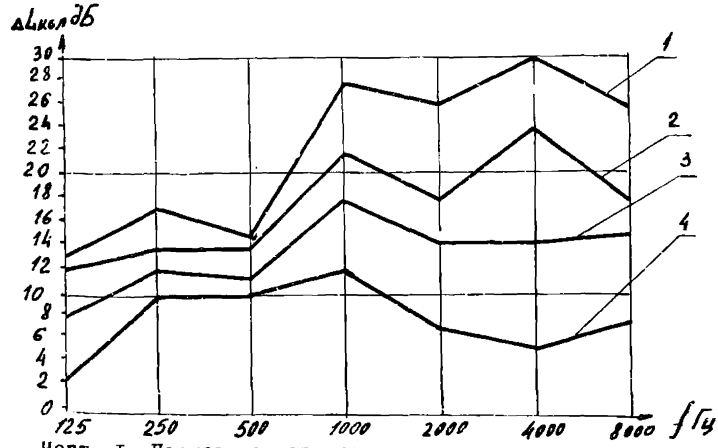
Черт.32. Частотная характеристика звукоизолящии пластины из светлого картона размером 102х48 см^2, $V_{к.н.у.}$ = 1,73 м^3



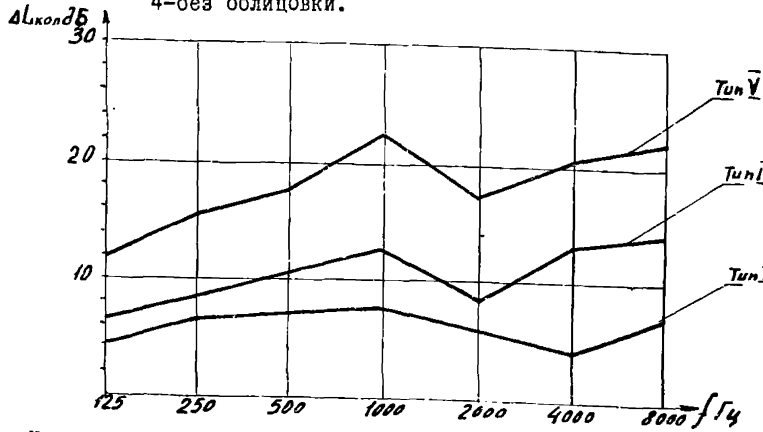
Черт.83. Частотная характеристика звукоизоляции пластины из кухонного пластика размером 102х48 см^2 $V_{к.н.у.}$ = 1,73 м^3

Частотные характеристики звукоизоляции капотов, полученных экспериментальным путем

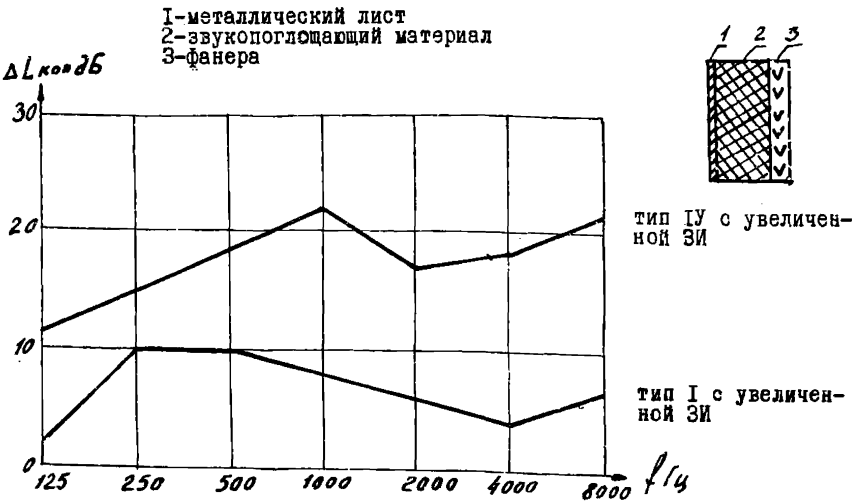
ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное



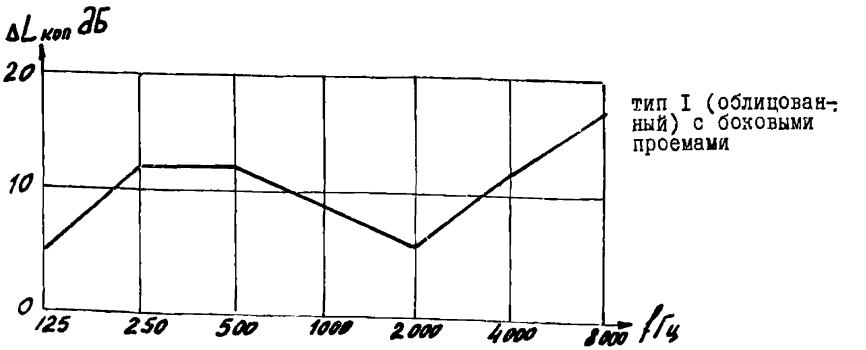
Черт. I. Частотные характеристики звукоизолирующих капотов с различной площадью облицовки
I-облицовано 100% поверхности,
2-облицовано 50% поверхности,
3-облицовано 15% поверхности,
4-без облицовки.



Черт. 2. Частотные характеристики звукоизолирующих капотов различного конструктивного исполнения.



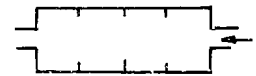
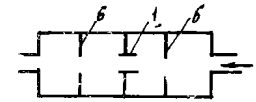
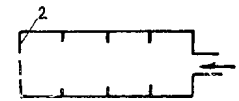
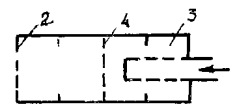
Черт. 3. Частотные характеристики звукоизолирующего капота с повышенной звукоизоляцией



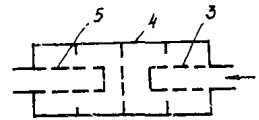
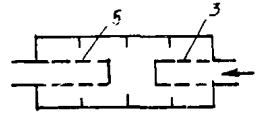
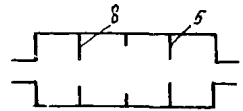
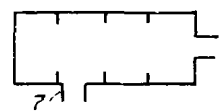
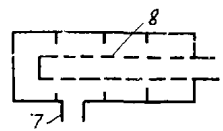
Черт. 4. Частотные характеристики звукоизолирующих капотов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное
Таблица

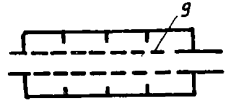
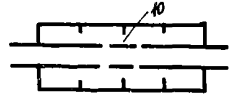
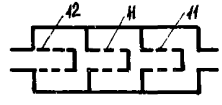
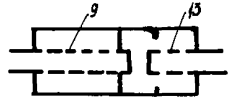
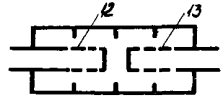
Экспериментальные глушители шума выхлопа д.в.с.

чертежа	Наименование глушителя	Схема	Обозначения на схеме	Снижение	
				дБ	дБА
1	2	3	4	5	6
14010	Реактивный одинокамерный			11	4
14020	Реактивный четырехкамерный		1-соединительная трубка -перегородки с отверстием	11	11
14040	Реактивный одинокамерный		2-перфорированная выходная перегородка	14	9
14050	Реактивный двухкамерный		3-перфорированная входная труба 4-перфорированная перегородка	13	14

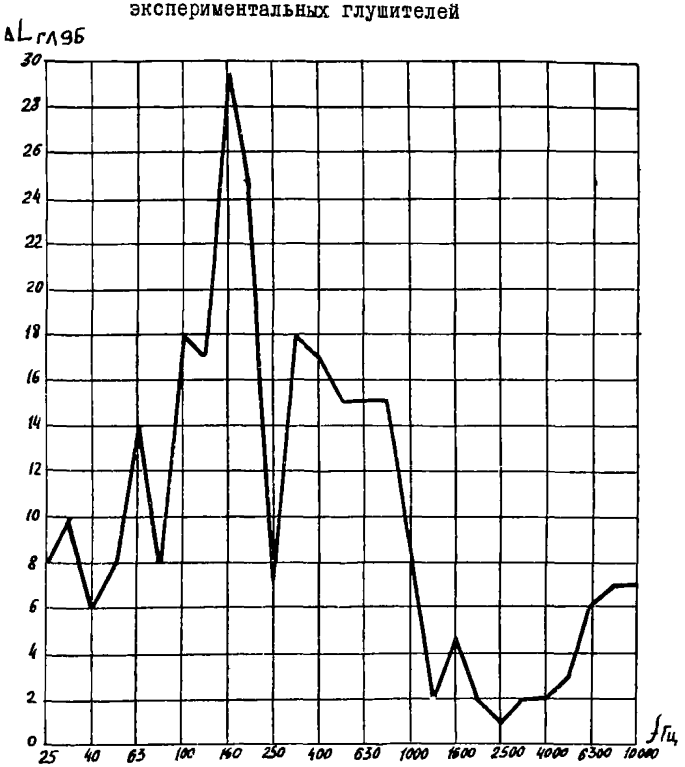
Продолжение

1	2	3	4	5	6
14060	Реактивный двухкамерный		5-перфорированная выходная труба	22	15
14070	Реактивный однокамерный			21	15
14080	Реактивный трехкамерный			15	12
14090	Реактивный однокамерный		7-боковой выход	15	12
14100	Реактивный однокамерный		8-длинная входная перфорированная труба	20	17

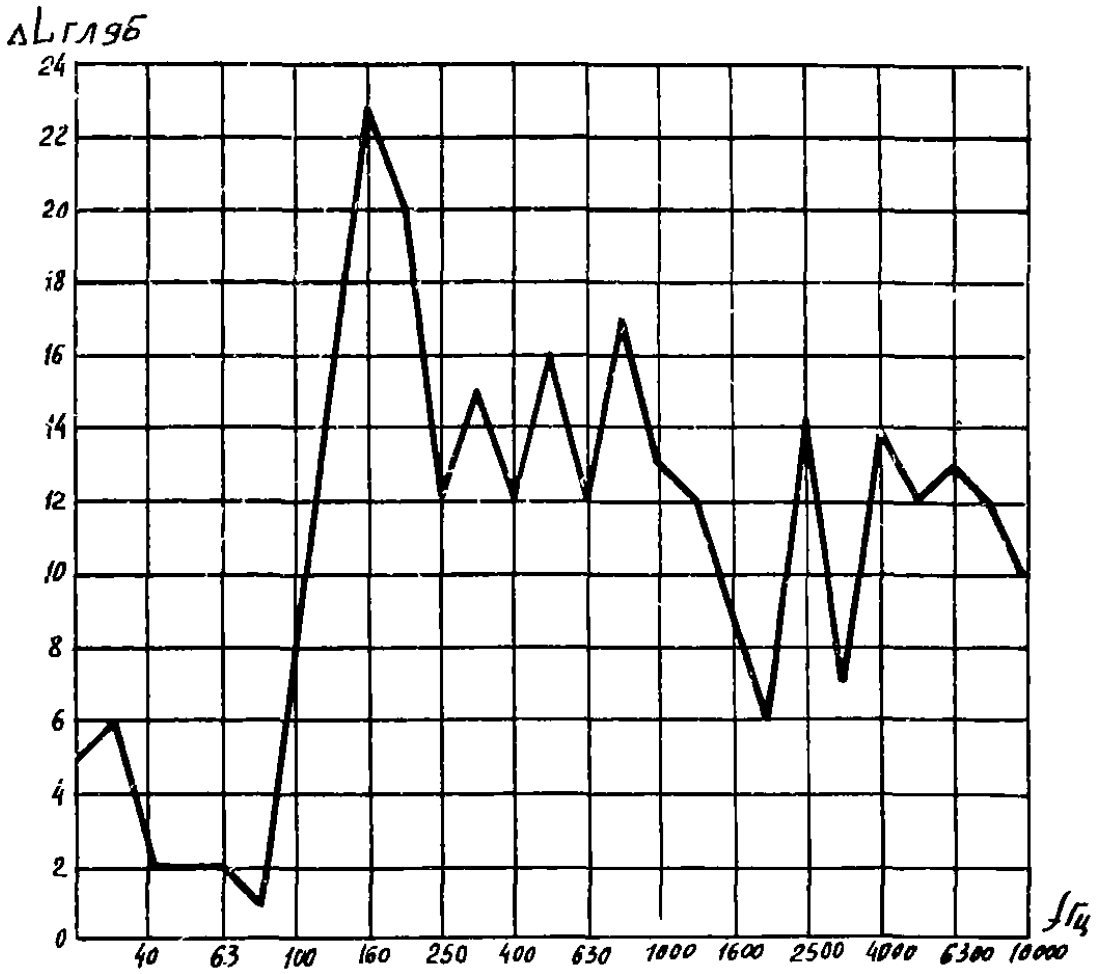
Продолжение

1	2	3	4	5	6
14110	Резонансный		9-проходная перфорированная труба	11	8
14120	Резонансный		10-проходная труба с отдельными отверстиями	10	4
14130	Реактивный трехкамерный		11-соединительная труба с отдельными отверстиями 12-выходная труба с отдельными отверстиями	15	11
14140	Реактивно-резонансный (комбинированный) двухкамерный		13-входная труба с отдельными отверстиями	16	11
14150	Реактивный однокамерный			15	10

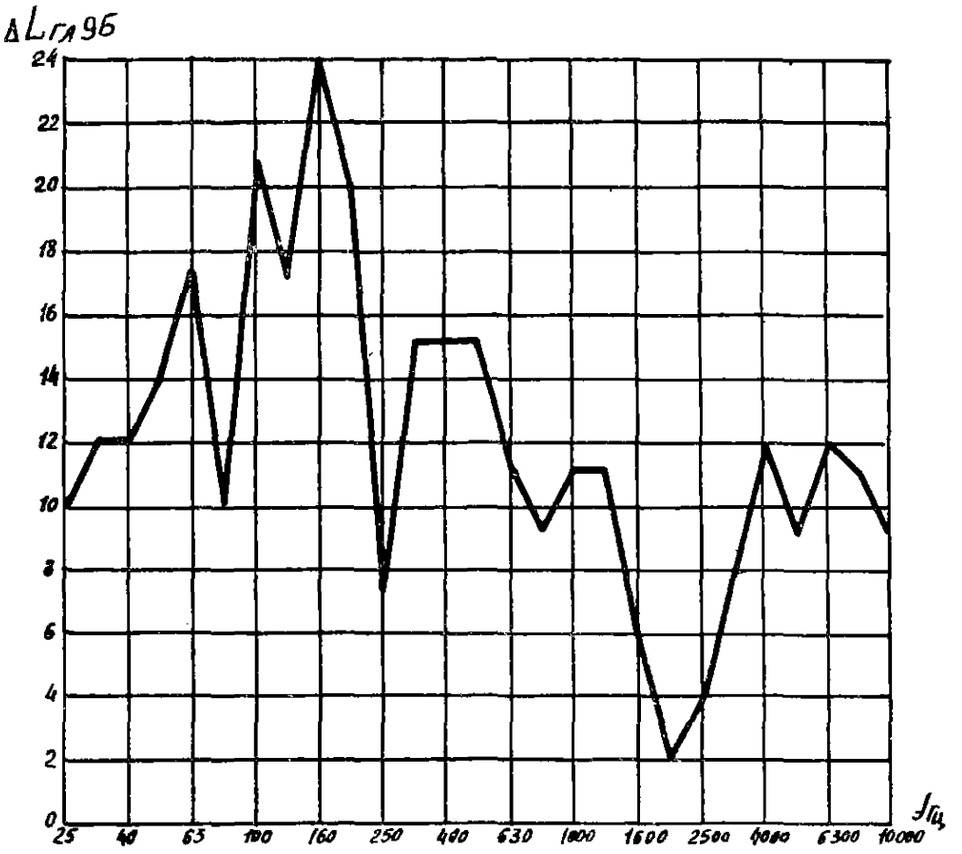
Частотные характеристики глушения
экспериментальных глушителей



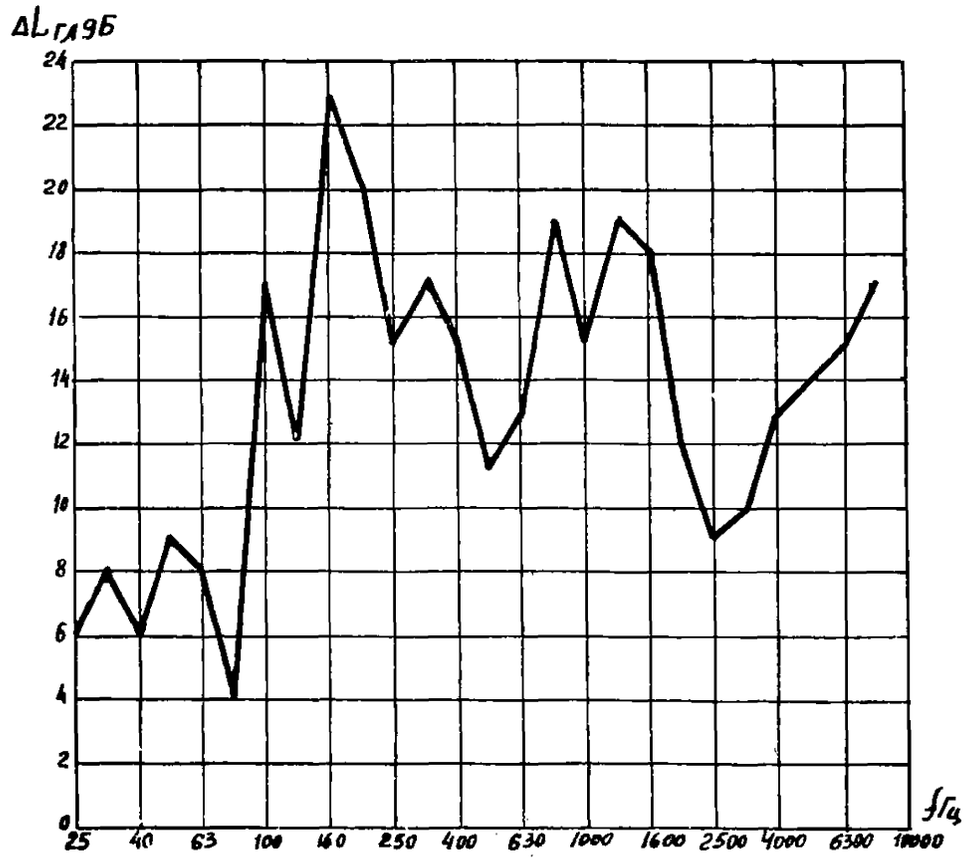
Черт. I. Глушитель I40I0



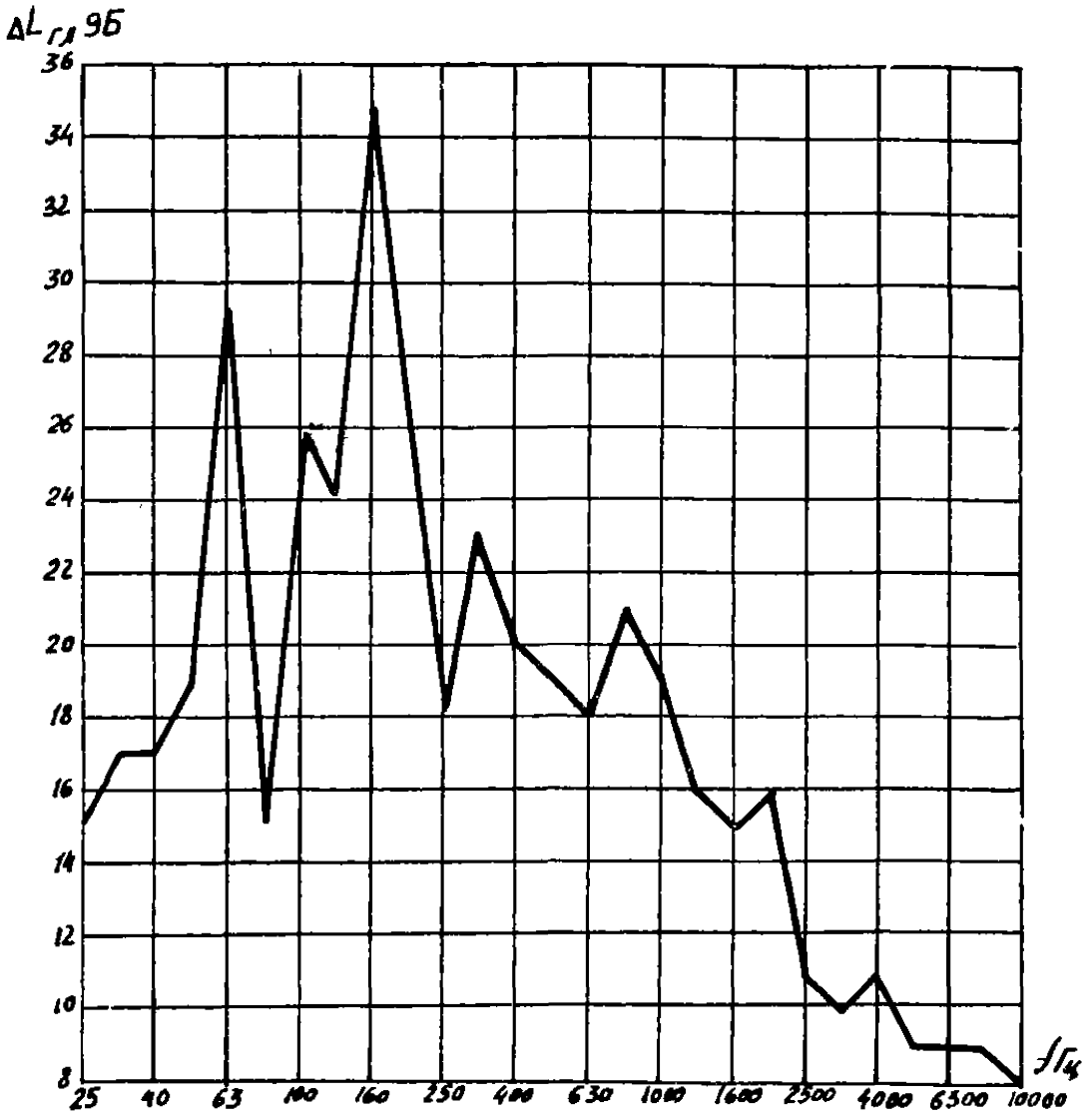
Черт. 2. Глушитель 14020



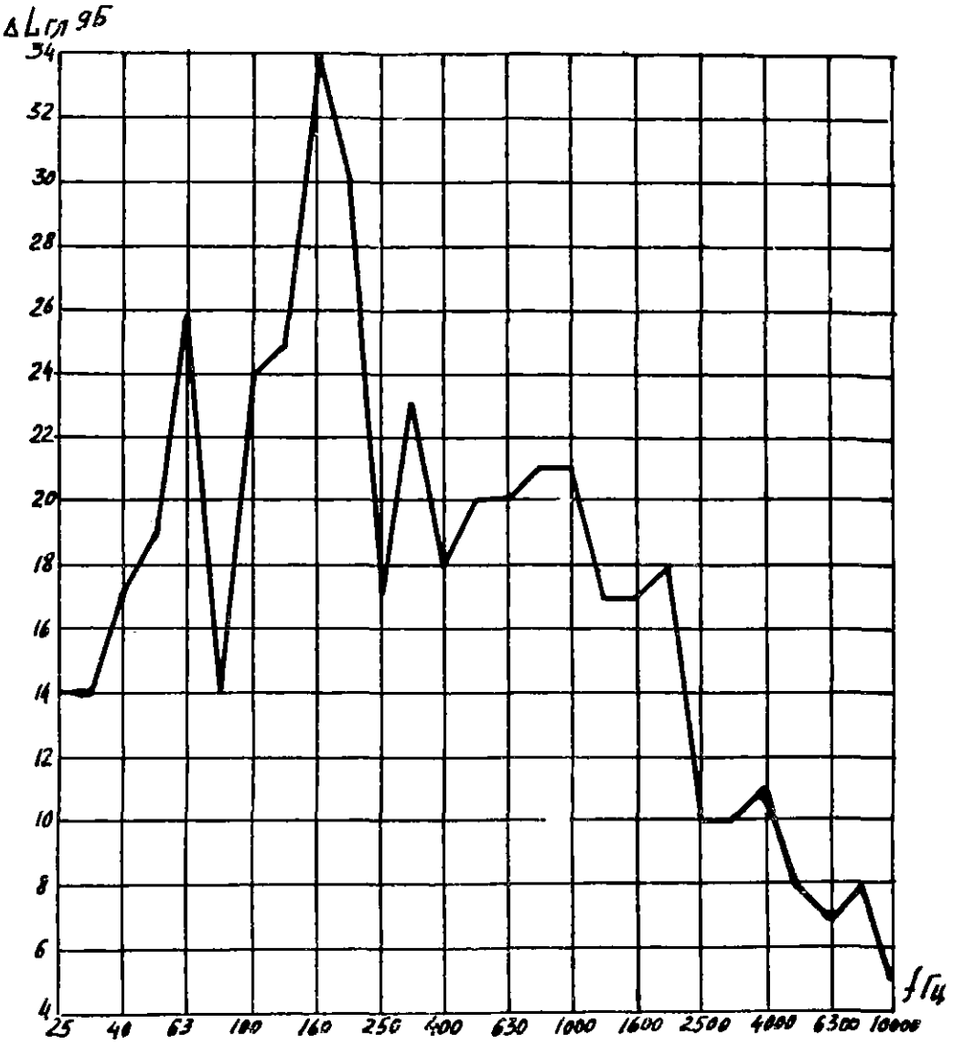
Черт. 3 Глушитель I4040



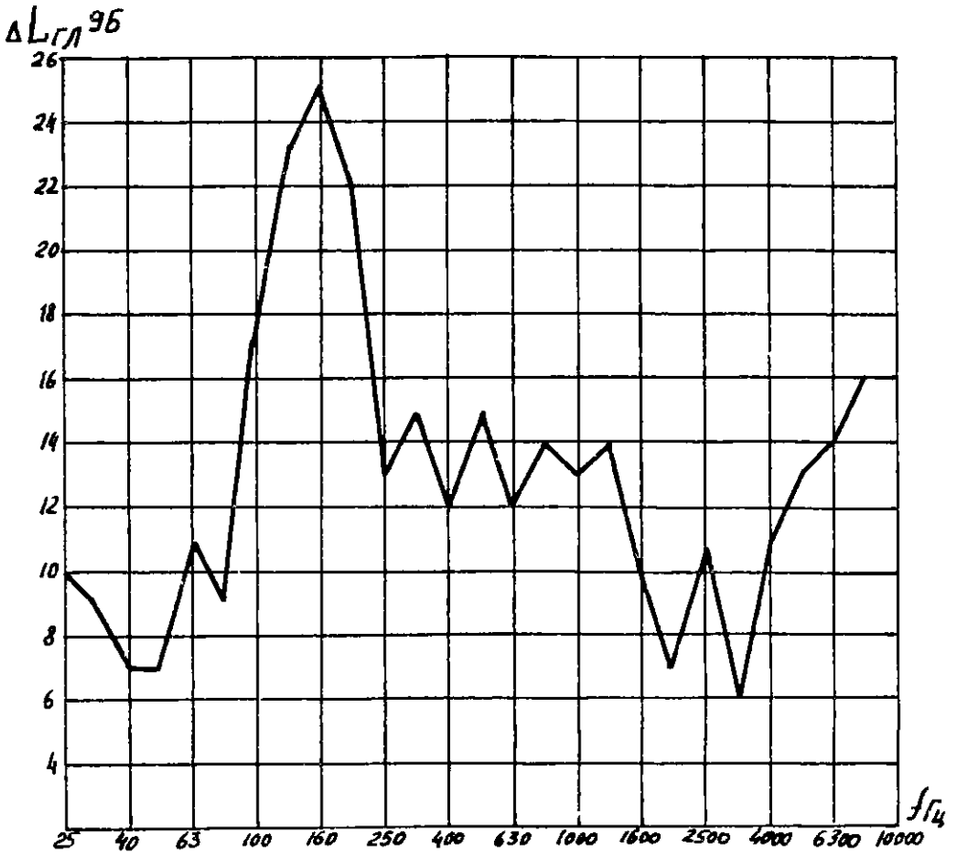
Черт. 4. Глушитель I4050



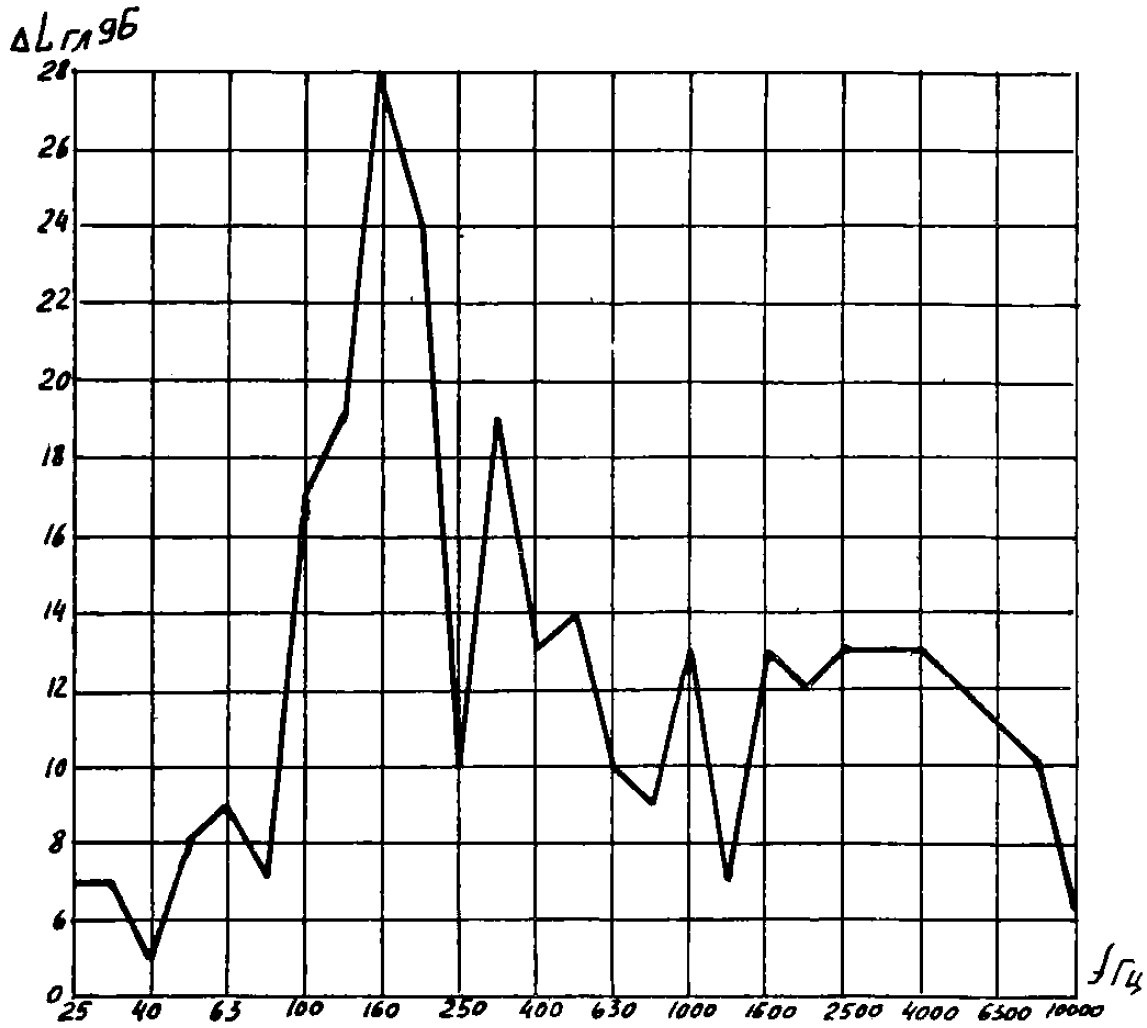
Черт. 5. Глушитель I4060



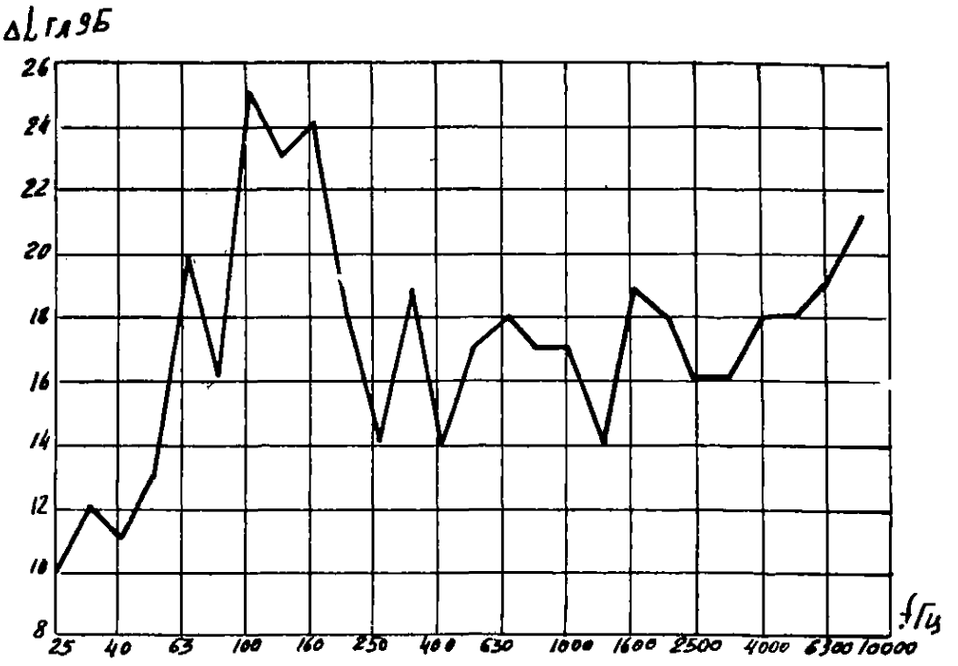
Черт. 6. Глушитель I4070



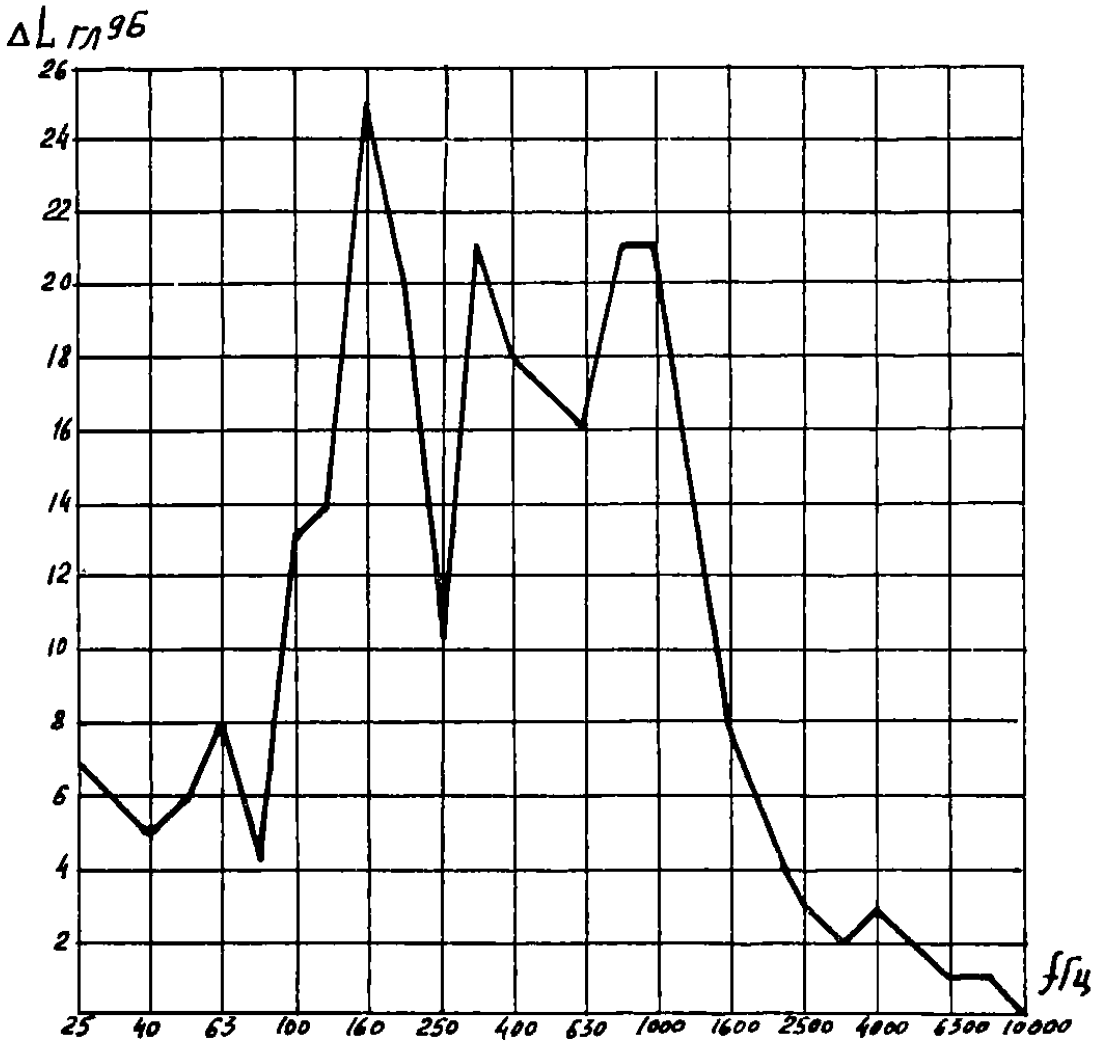
Черт. 7. Глушитель I4080



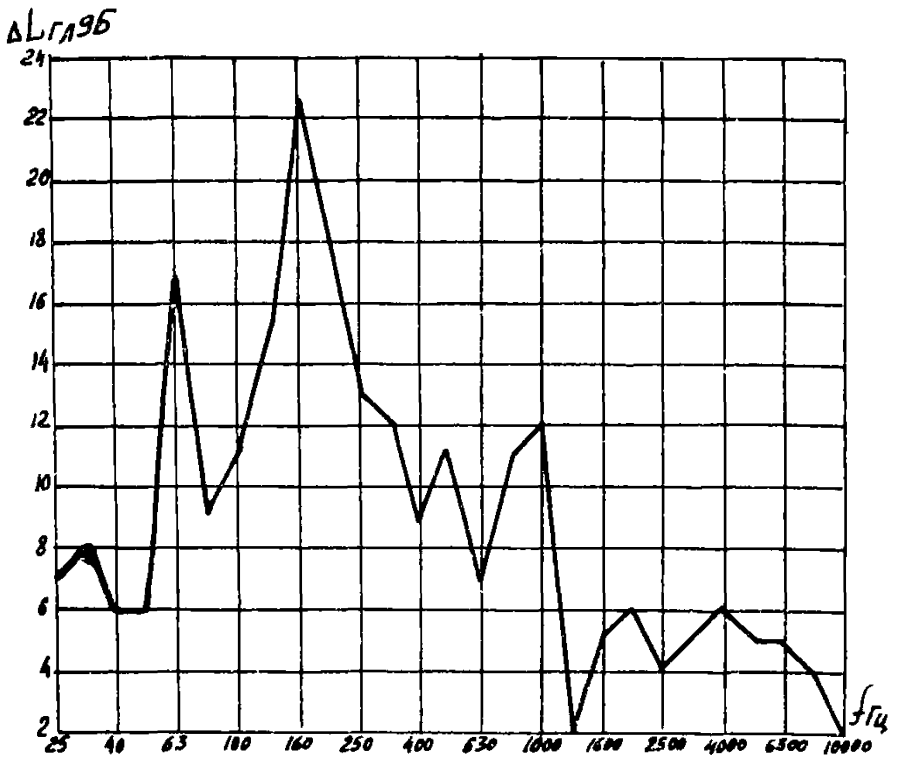
Черт. 8. Глушитель I4090



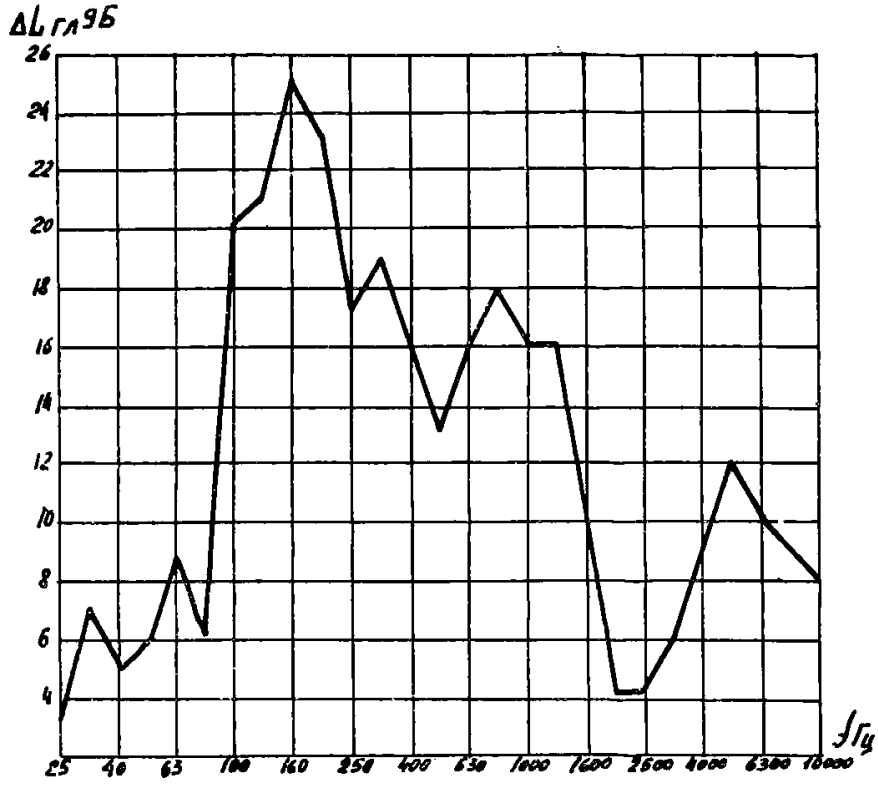
Черт. 9. Глушитель I4I00



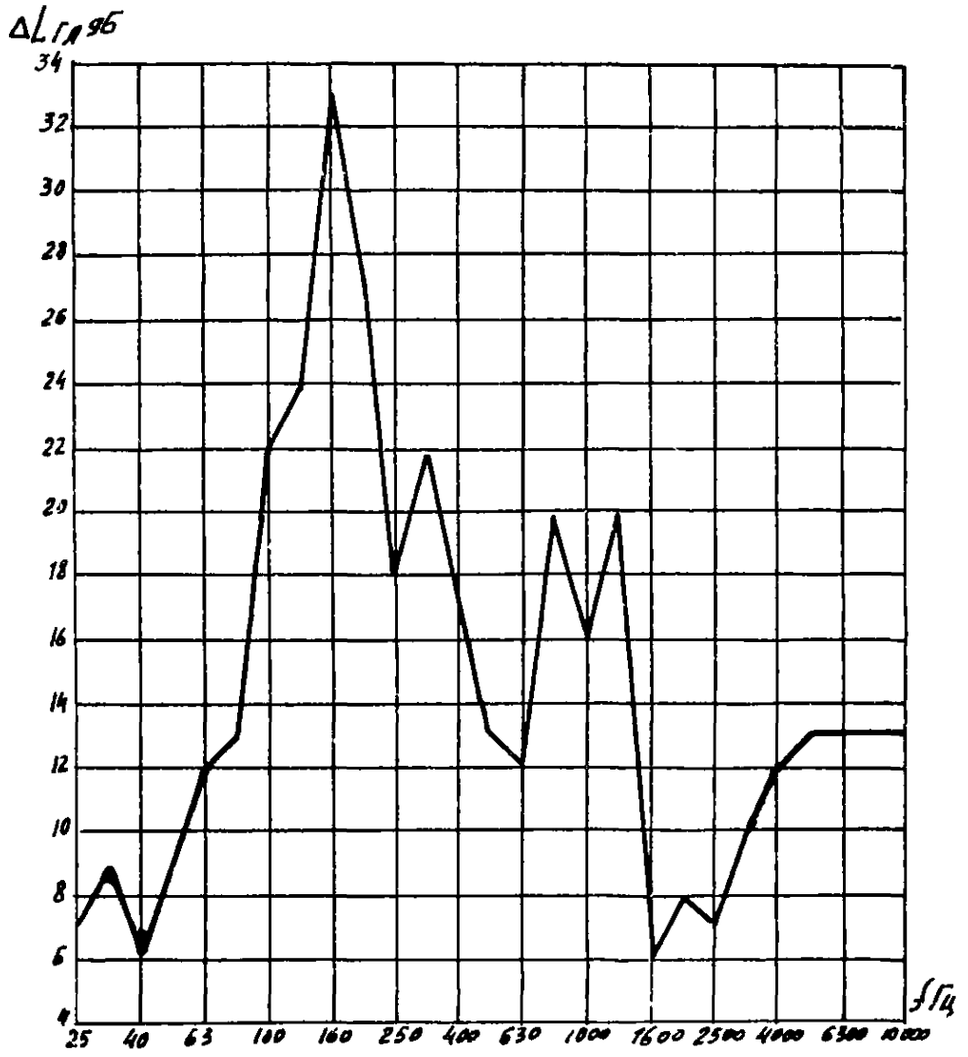
Черт. IO. Глушитель I4II0



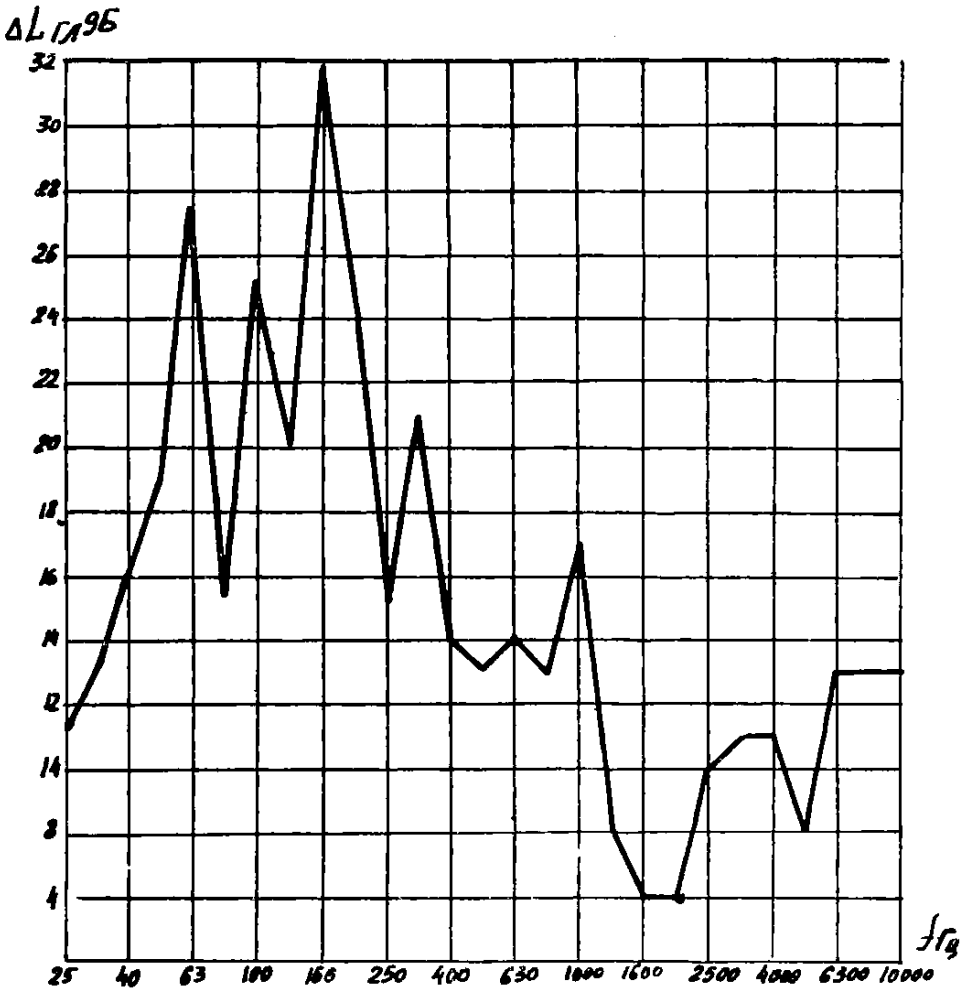
Черт. II. Глушитель I4I20



Черт. 12. Глушитель 14130



Черт. I3. Глушитель I4I40



Черт. I4. Глушитель I4I50

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

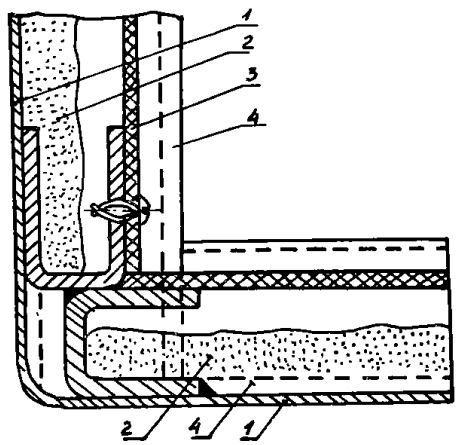
Примеры конструктивного исполнения звукоизолирующих кабин и капотов



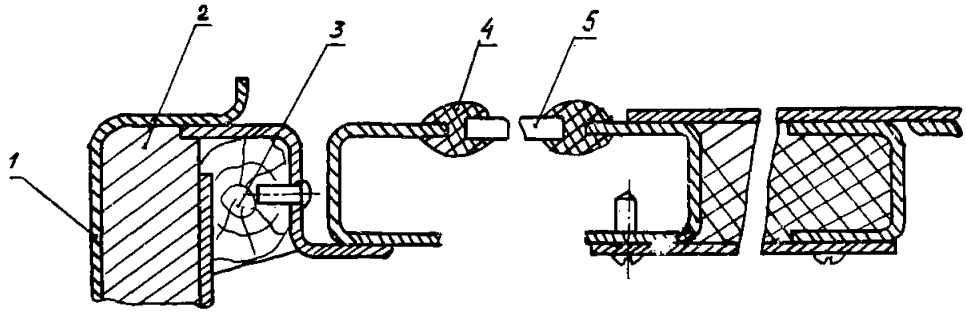
Черт. I. Перегородка с усиленной звукоизоляцией I-слой мастики (2-3 мм), 2-стальной лист (I,5 мм), 3-термошумовой картон ТШк-2 (2,5-5,0 мм), 4-звукопоглощающий материал (20мм), 5-воздушный промежуток (30-40 мм), 6-древесно-стружечная плита или пластик (8-I0 мм)



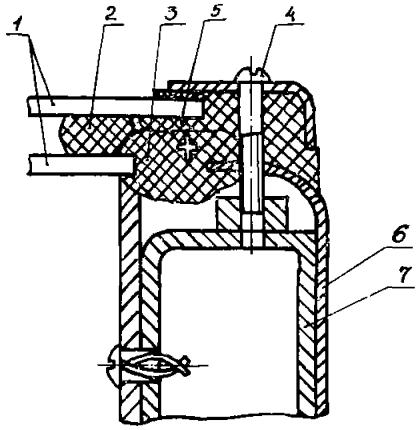
Черт. 2. Пол кабины с усиленной звукоизоляцией: I-мастика (3-4 мм), 2-сталь (1,5 мм), 3-термошумовои картон ТШк-2 (1,5-5,0 мм) или войлок или мягкая резина; 4-древесно-стружечная плита и пластик (8-I0 мм).



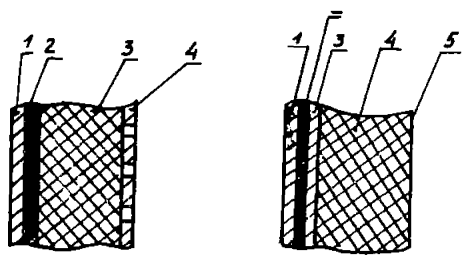
Черт. 3. Звукоизоляция стенок кабины: I-наружная обшивка, 2-пенополиуретан, 3-цветной картон, 4-боковая панель.



Черт. 4. Конструкция боковой стенки кабины экскаватора ЭО-3322
1-звукоизоляция крыши, 2-обшивка крыши, 3-брусок 4-уплотнитель стекла НТ-9, 5-стекло.



Черт. 5. Узел остекления звукоизолирующих кабин:
1-наружные и внутренние стекла,2-уплотнитель 2-4, 3-уплотнитель 15-4, 4-винт М6-30, 5-уплотнитель 1-4х16-1, 6-наружная обшивка, 7-передняя панель.



Черт. 6. Конструкция стены звукоизолирующего капота
1-металлическая поверхность, 2-вибродемпфирующее покрытие (δ =3мм), 3-звукопоглощающий материал (δ=20-50 мм), 4-перфорированный лист (ϕ =5мм), шаг перфорации 10мм (δ листа 1,0мм),5-защитная мастика.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Справочное

Пример выполнения расчета ожидаемой шумности

Для примера выполним расчет ожидаемой шумности в кабине автогрейдера ДЗ-99, который соответствует акустической схеме в классификации СДМ.

Основные уравнения, описывающие проникновение шума в кабину:

$$L^{каб.} = 10 \lg \left(10^{0.1 L^{каб.}_{выкл.}} + 10^{0.1 L^{каб.}_{пер.}} + 10^{0.1 L^{каб.}_{кан.}} + 10^{0.1 L^{каб.}_{дв.}}\right)$$

$$L^{каб.}_{выкл.} = L_{р\,выкл.} - 20 \lg R_{выкл.} - 10 \lg \frac{S_{общ.}}{\sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{-0.1(ЗИ_{каб\,i} + t_i)}} +$$

$$+ 10 \lg \frac{S_{общ.}}{A_{каб.}} + ПН - \chi - \beta + 6$$

$$L^{каб.}_{пер.} = L_{р\,дв.} + 10 \lg \left(\frac{\chi}{4\pi r^2_{дв.}} + \frac{4\Psi}{B_{кан.}}\right) - ЗИ_{пер.} + 10 \lg \frac{S_{пер.}}{A_{каб.}} + 6$$

$$L^{каб.}_{кан.} = L_{р\,дв.} + 10 \lg \left(\frac{\chi'}{4\pi r^2_{дв.}} + \frac{4\Psi}{B_{кан.}}\right) - ЗИ_{кан.} -$$

$$- 10 \lg \frac{S_{общ.}}{\sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{-0.1(ЗИ_{каб\,i} + t_i)}} + 10 \lg \frac{S_{общ.}}{A_{каб.}} + 6 - \chi$$

$$L^{каб.}_{дв.} = L_{р\,дв.} + 10 \lg \left(\frac{\chi}{4\pi r^2_{дв.}} + \frac{4\Psi}{B_{кан.}}\right) + 10 (1 - \chi_3) -$$

$$- 20 \lg r_0 - ЗИ_{пол.} + 10 \lg \frac{S_{пол.}}{A_{каб.}} - \chi + 6$$

Весь расчет сведем в таблицу.

Таблица

№№ пп	Обозначение	Способ определения (расчет по формуле, рис., табл., стр., РТМ)	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	$L_{р.вык.}$	Табл.2	119	121	113	105	108	113	113	110
2.	$L_{р.вх.}$	-"-	97	95	96	100	104	104	102	95
3.	$20lg\frac{R_{вык.}}{r_0}$	$R_{вык.}$=1,4 м r_0 =0,25м	15	15	15	15	15	15	15	15
4.	$S_{общ.}$	Стр.2	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06	10,06
5.	$\sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{-0,1(3U_i+t_i)}$	S_i; $3U_i$; t_i Стр.22	0,1009	0,0555	0,0214	0,0206	0,0177	0,02	0,0124	0,0113
6.	$10lg\frac{S_{общ.}}{\sum_{i=1}^{n} \cdot 10^{-0,1(3U_i+t_i)}}$	-	19,9	22,5	26,7	26,8	27,5	27,0	29,0	29,5
7.	$A_{каб.}$	$A_{каб.}=\bar{\alpha}_{каб.} \cdot S_{каб.}$	1,7	1,95	2,1	2,21	2,5	2,6	2,6	3,1
8.	$\bar{\alpha}_{каб.}$	Табл.4	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20	0,20	0,24
9.	$10lg\frac{S_{общ.}}{A_{КАБ}}$	-	7,7	7,1	6,8	6,5	6,0	5,8	5,8	5,1
10.	$S_{каб.}$	Стр.22	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
11.	ПН	Черт.1	0	0	0	0	0	0	0	0
12.	X	Стр.22	11	11	11	11	11	11	11	11

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13.	β	Стр.24	0	0	0	0	0	0	0	0
14.	χ	Черт.3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
15.	$r^2_м$	r =0,5 м	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
16.	ψ	Черт.4	0,82	0,8	0,75	0,74	0,7	0,69	0,67	0,65
17.	$B_{кап.}$	$B_{кап.}=\frac{A_{кап.}}{1-\alpha_{кап.}}$	2,63	3,15	3,75	4,13	4,8	5,02	5,50	6,03
18.	$A_{кап.}$	$A_{кап.}=\bar{\alpha}_{кап}S_{кап}$	2,13	2,46	2,8	3,02	3,36	3,47	3,69	3,92
19.	$\bar{\alpha}_{кап.}$	Табл.4	0,19	0,22	0,25	0,27	0,30	0,31	0,33	0,35
20.	$S_{кап.}$	Стр.22	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
21.	$10lg(\frac{\chi}{\pi r^2_м}+\frac{4\psi}{B_{кап.}})$	-	3,7	3,3	2,8	2,6	2,3	2,2	2,0	1,9
22.	$ЗИ_{пер.}$	Стр.30	8	11	13	13	16	17	18	19
23.	$S_{пер.}$	Стр.30	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
24.	$10lg\frac{S_{пер.}}{A_{кап.}}$	-	-1,5	-2,1	-2,4	-2,65	-3,2	-3,35	-3,35	-4,1
25.	$ЗИ_{кап.}$	Стр.25	2	2	4	5	5	7	8	11
26.	$\alpha_э$	Табл.6	0,1	0,33	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
27.	$10lg(1-\alpha_э)$	-	-0,5	-1,7	-2,2	-7,0	-7,0	-7,0	-7,0	-5,2
28.	r_0	$r_0=\sqrt{h^2+(\frac{R_{пл.}}{2})^2}$	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
29.	h^2	Стр.27	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30.	$(R_{эк}/2)^2$	$R_{эк}$ =1,6 м	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
31.	$20lg\, r_0$	-	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
32.	$3И_{пол.}$	Стр.29	2	4	5	5	8	10	11	10
33.	$S_{пол.}$	-"-	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
34.	$10lg \frac{S_{пол}}{A_{каб}}$	-	0,2	-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-1,6	-1,6	-2,4
35.	$L^{каб.}_{выкл.}$	-	86,8	85,6	73,1	64,7	66,5	71,8	69,8	65,6
36.	$L^{каб.}_{пер.}$	-	97,2	91,2	89,4	93	93,1	91,8	88,6	79,8
37.	$L^{каб.}_{конт.}$	-	81,1	75,6	69,9	72,3	74,8	73	67,8	56,5
38.	$L^{каб.}_{эк.}$	-	90,7	85	83,7	82,4	82,6	80,3	77,1	72
39.	$L^{каб.}_{расч.}$	-	98,5	93	91	93,5	93,5	92,5	89	80,5
40.	$L^{каб.}_{экспер.}$	-	107	96	94	95	94	95	87	81

Примечание; расчет показал приемлемое совпадение с результатом эксперимента (по воздушной составляющей).

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Справочное

Примеры расчета звукоизоляции тонких однослойных ограждающих конструкций

Пример 1. Построить частотную характеристику звукоизоляции пластины из дюралюминия в области простых, неполных пространственных и пространственных резонансов. Размер пластины: $a = 1{,}2$ м; $b = 1{,}1$ м; $h = 5$ мм, с массой $\rho \cdot h = 14$ кг/м^2; $\eta = 5 \cdot 10^{-3}$; $E = 7{,}1 \cdot 10^{10}$ н/м^2; $D/\mu = 59{,}75$ м^4/с^2.

1. Определение граничных частот расчетных областей.

Граничную частоту области простых резонансов определим по номограмме, представленной на черт.7 для $a = 1{,}2$ м; $f_{r(m)(n)} = 70$ Гц.

Граничную частоту области неполных пространственных резонансов определим по номограмме, представленной на черт.8, где для $b = 1{,}1$ м; $K = \frac{a}{b} = 1{,}09$, $f'_{rn(m)} = 175$ Гц.

Граничную частоту области пространственных резонансов определим по номограмме, изображенной на черт.9, где для $D/\mu = 59{,}75$ м^4/с^2, $f_{rmn} = 2400$ Гц.

На черт.7 – 9 штрихпунктирной линией показана схема определения расчетных областей для исследуемого ограждения.

С учетом полосы пропускания (1/3 октавы) граничные частоты расчетных областей примем равными: $f_{r(m)(n)} = 80$ Гц; $f'_{rn(m)} = 20$ Гц; $f_{rmn} = 2500$ Гц.

2. Определение усредненного коэффициента звукоизлучения.

Область простых резонансов.

Расчет ведем для $f_{ср.} = 80, 100, 125, 160$ Гц.

По зависимости 49 при $b = 1{,}1$ м; $K = \frac{a}{b} = 1{,}09$; $D/\mu = 59{,}75$ м^4/с^2 находим, что для $f_{ср.} = 80$ Гц; $\bar{\bar{S}} = 0{,}0285$; $f_{ср.} = 100$ Гц; $\bar{\bar{S}} = 0{,}0279$; $f_{ср.} = 125$ Гц; $\bar{\bar{S}} = 0{,}0238$; $f_{ср.} = 160$ Гц; $\bar{\bar{S}} = 0{,}022$.

Область неполных пространственных резонансов.

Расчет ведем для $f_{ср.}$ = 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000 Гц.

По зависимости 50 при b = 1,1 м; K = 1,09; D/μ = 59,75 м^4/с^2 находим, что для $f_{ср.}$ = 200 Гц

$\bar{S}$ = 0,1423; $f_{ср.}$ = 250 Гц; $\bar{S}$ = 0,149; $f_{ср.}$ = 315 Гц
$\bar{S}$ = 0,158; $f_{ср.}$ = 400 Гц; $\bar{S}$ = 0,172; $f_{ср.}$ = 500 Гц
$\bar{S}$ = 0,1903; $f_{ср.}$ = 630 Гц; $\bar{S}$ = 0,2187; $f_{ср.}$ = 800 Гц
$\bar{S}$ = 0,2673; $f_{ср.}$ = 1000 Гц $\bar{S}$ = 0,3428; $f_{ср.}$ = 1250 Гц
$\bar{S}$ = 0,511; $f_{ср.}$ = 1600 Гц; $\bar{S}$ = 1,041; $f_{ср.}$ = 2000 Гц
$\bar{S}$ = 3,93.

Область пространственных резонансов.

Расчет ведем для $f_{ср.}$ = 2500 Гц, 3150 Гц, 4000 Гц, 5000 Гц.

По зависимости (51) при $f_{гр.}$ = 2400 Гц (которая определяется по зависимости (48) или номограмме черт.9), находим, что для $f_{ср.}$ = 2500 Гц $\bar{S}$ = 1,79; $f_{ср.}$ = 3150 Гц; $\bar{S}$ = 1,24; $f_{ср.}$ = 4000 Гц; $\bar{S}$ = 1,006; $f_{ср.}$ = 5000 Гц; $\bar{S}$ = 1,023.

3. Построение частотной характеристики звукоизоляции.

Область простых резонансов.

По найденным значениям $\bar{S}$ при μ = 14 кг/м^2 $\eta = 5 \cdot 10^{-6}$, для каждой частоты области простых резонансов по номограмме, представленной на черт.10, определим звукоизоляцию пластины. На черт.10 штрихпунктирной линией показана схема определения звукоизоляции исследуемого ограждения для частоты $f_{ср.}$ = 100 Гц, откуда следует, что R = 26 дБ. Аналогично определяем значения звукоизоляции для всех остальных частот данной расчетной области, т.е. для

$f_{ср.}$ = 80 Гц при $\bar{S}$ = 0,0365; R = 23,5 дБ
$f_{ср.}$ = 125 Гц при $\bar{S}$ = 0,0238; R = 29 дБ
$f_{ср.}$ = 160 Гц при $\bar{S}$ = 0,022; R = 31,5 дБ

Область неполных пространственных резонансов.

Для частот данной расчетной области звукоизоляцию пластины определим по номограмме черт.11. Здесь штрихпунктирной линией показана схема определения звукоизоляции ограждения для частоты $f_{ср.}$ = 1000 Гц при $\bar{S}$ = 0,3428; M = 14 кг/м^2; $\eta = 5 \cdot 10^{-3}$, откуда следует, что R = 29,5 дБ. Аналогично определяем звукоизоляцию ограждения всех остальных частот области неполных пространственных резонансов, т.е. для

$f_{ср.}$ = 200 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,1423	R = 19,5 дБ
$f_{ср.}$ = 250 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,149	R = 21,5 дБ
$f_{ср.}$ = 315 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,158	R = 23,5 дБ
$f_{ср.}$ = 400 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,172	R = 25,0 дБ
$f_{ср.}$ = 500 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,1903	R = 26,0 дБ
$f_{ср.}$ = 630 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,2187	R = 28,0 дБ
$f_{ср.}$ = 800 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,2673	R = 29,0 дБ
$f_{ср.}$ = 1250 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,511	R = 30,0 дБ
$f_{ср.}$ = 1600 Гц	при	$\bar{S}$ = 1,041	R = 29,5 дБ
$f_{ср.}$ = 2000 Гц	при	$\bar{S}$ = 3,93	R = 25,0 дБ

Область пространственных резонансов.

По найденным значениям $\bar{S}$ при M = 14 кг/м^2, $\eta = 5 \cdot 10^{-3}$, для каждой частоты области пространственных резонансов по зависимости (53) определяем звукоизоляцию пластины.

Например для $f_{ср.}$ = 5000 Гц, находим

$$R = 10 \lg \frac{0,73}{10^4} \cdot \frac{14^2 \cdot 5000^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2400 \cdot 1,023} = 10 \lg 3660 = 35,6$$

Аналогично определяем значения R, для всех остальных частот данной расчетной области, т.е. для

$f_{ср.}$ = 2500 Гц	при	$\bar{S}$ = 1,79	R = 24,2 дБ
$f_{ср.}$ = 3150 Гц	при	$\bar{S}$ = 1,24	R = 28,7 дБ
$f_{ср.}$ = 4000 Гц	при	$\bar{S}$ = 1,066	R = 32,5 дБ

По определенным значениям R строим частотную характеристику звукоизоляции исследуемого ограждения. На черт. I7 приложения I представлены частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия размером I20 х II0 см^2, h = 5 мм, где кривая I построена по экспериментальным данным полученным в больших реверберационных камерах ГИСИ, а кривая 3, рассчитана по предлагаемому инженерному методу расчета.

Пример 2. Построить частотную характеристику звукоизоляции пластины из дюралюминия в области простых и неполных пространственным резонансов. Размер пластины: a = I,2 м; b = I,I м; h = 3 мм; μ = 7,93I кг/м^2; $\eta = 5 \cdot 10^{-3}$; $E = 7{,}I \cdot 10^{10}$ н/м^2; D/μ = 22,84 м^4/с^2.

I. Определение граничных частот расчетных областей.

По номограмме черт. 7,8,9 находим, что при a = I,2 м

$f_{r(n)(m)}$ = 70 Гц при b = I,I м $K = \frac{a}{b}$ = I,09

$f'_{rn(m)}$ = I75 Гц при D/μ = 22,84 м^4/с^2, f_{rnm} = 3900 Гц.

Для третьоктавных частотных полос принимаем $f_{r(m)(n)}$ = 80 Гц;

$f'_{rn(m)}$ = 200 Гц; f_{rmn} = 4000 Гц.

2. Определение усредненного коэффициента звукоизлучения.

Область простых резонансов.

Расчет ведем для f_{cp} = 80, I00, I25, I60 Гц.

По зависимости 49 при b = I,I м, K = I,09; D/μ = 22,84 м^4/с^2 находим, что для f_{cp} = 80 Гц; $\bar{\bar{S}}$ = 0,0208;

f_{cp} = I00 Гц; $\bar{\bar{S}}$ = 0,0I66; f_{cp} = I25 Гц; $\bar{\bar{S}}$ = 0,0I39;

f_{cp} = I60 Гц; $\bar{\bar{S}}$ = 0,0I259.

Область неполных пространственных резонансов.

Расчет ведем для f_{cp} = 200, 250, 3I5, 400, 500, 630, 800, I000, I250, I600, 2000, 2500, 3I50 Гц.

По зависимости 50 при b = 1,1 м; K = 1,09; D/M = 22,84 $м^4/с^2$ находим, что для $f_{ср.}$ = 200 Гц $\bar{S}$ = 0,0934; $f_{ср.}$ =1000 Гц $\bar{S}$ = 0,136; $f_{ср.}$ = 250 Гц $\bar{S}$ = 0,0871; $f_{ср.}$ = 1250 Гц $\bar{S}$ =0,1645; $f_{ср.}$ = 315 Гц $\bar{S}$ = 0,0901; $f_{ср.}$ = 1600 Гц $\bar{S}$ = 0,218; $f_{ср.}$ = 500 Гц $\bar{S}$ = 0,1002; $f_{ср.}$ = 2500 Гц $\bar{S}$ = 0,583; $f_{ср.}$ = 630 Гц $\bar{S}$ = 0,1082; $f_{ср.}$ = 3150 Гц $\bar{S}$ = 1,635; $f_{ср.}$ = 800 Гц $\bar{S}$ = 0,1203.

3. Построение частотной характеристики звукоизоляции.

Область простых резонансов.

По найденным значениям коэффициента звукоизлучения $\bar{S}$ при m = 7,931 кг/м^2, $\eta = 5 \cdot 10^{-2}$ для каждой частоты области простых резонансов по зависимости (52) или номограмме черт.10 определим звукоизоляцию исследуемой пластины, для

$f_{ср.}$ = 80 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,0208	R = 21 дБ
$f_{ср.}$ = 100 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,0166	R = 23,5 дБ
$f_{ср.}$ = 125 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,0139	R = 26,5 дБ
$f_{ср.}$ = 160 Гц	при	$\bar{S}$ = 0,01259	R = 29,5 дБ

Область неполных пространственных резонансов.

Для частот данной расчетной области звукоизоляцию пластины определим по зависимости (53) или номограмме черт.11, откуда следует, что для

$f_{ср.}$ = 200 Гц	R = 16,5 дБ	$f_{ср.}$ = 1000 Гц	R = 29,0 дБ
$f_{ср.}$ = 250 Гц	R = 18,5 дБ	$f_{ср.}$ = 1250 Гц	R = 30,0 дБ
$f_{ср.}$ = 315 Гц	R = 20,5 дБ	$f_{ср.}$ = 1600 Гц	R = 31,5 дБ
$f_{ср.}$ = 400 Гц	R = 22,0 дБ	$f_{ср.}$ = 2000 Гц	R = 31,0 дБ
$f_{ср.}$ = 500 Гц	R = 24,0 дБ	$f_{ср.}$ = 2500 Гц	R = 30,5 дБ
$f_{ср.}$ = 630 Гц	R = 26,0 дБ	$f_{ср.}$ = 3150 Гц	R = 28,5 дБ
$f_{ср.}$ = 800 Гц	R = 27,5 дБ		

На черт.9 приложения 1 изображены частотные характеристики звукоизоляции пластины из дюралюминия размером 120х110 $см^2$;

h = 3 мм. Кривая I построена по экспериментальным данным, а кривая 3 подсчитана по предлагаемому инженерному методу расчета.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Справочное

ЛИТЕРАТУРА

I. Авиационная акустика. Под редакцией А.Г.Мунина и В.Е.Квитки, М.,"Машиностроение",I973.

2. Алексеев С.П.и др.Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении, М.,"Машиностроение",I970.

3. Боголепов И.И.,Авферонок Э.И. Звукоизоляция на судах, Л.,"Судостроение",I970.

4. Борьба с шумом.Под редакцией профессора Е.Я. Юдина,М.,ИЗД-во литературы по строительству,I964.

5. Бобылев В.Н.,Данилин С.Г. О надежности и точности измерений звукоизоляции ограждений:"Звукоизоляция конструкций зданий", Горький,труды ГИСИ,вып.7I,I974.

6. Заборов В.И. и др. Защита от шума и вибраций в черной металлургии,М.,"Металлургия",I976.

7. Защита от шума.Справочник проектировщика.Под редакцией профессора Е.Я.Юдина.М.,Стройиздат,I974.

8. Иванов Н.И. Борьба с шумом и вибрацией в строительстве.Серия "Строительное производство",Л.,ЛДНТП,I972.

9. Иванов Н.И.,Курцев Г.М. К расчету ожидаемой шумности на СДМ. Л.,Труды ЛИИЖТа,вып.408,I977.

IO.Иванов Н.И.,Дроздова Л.Ф. К расчету звукоизолирующих капотов, устанавливаемых на самоходные и передвижные машины.Л.,Труды ЛИИЖТа,вып.408,I977.

II.Клюкин И.И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах,Л., "Судостроение",I97I.

I2.Лагунов Л.Ф.,Васильев Ю.М. Нормирование производственного шума в СССР и за рубежом (обзор),М.,ВЦНИИОТ ВЦСПС,I973.

I3.Луканин В.Н. Шум автотракторных двигателей внутреннего сгорания. М.,"Машиностроение",I97I.

I4. мероприятия по снижению шума от строительных машин (обзор) М.,ЦИНИС,I976.

I5. Никифоров А.С.,Будрин С.В. Распространение и поглощение звуковой вибрации на судах.Л.,"Судостроение",I968.

I6. Пластинин П.И.,Пластинина Э.Н. Глушение шума компрессорных машин (обзор)М.,ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ,вып.ХМ-5,I974.

I7. Разумовский М.А. Борьба с шумом на тракторах,Минск,"Наука и техника",I973.

I8. Руководство по проектированию виброизоляции машин и оборудования.М.,Изд-во литературы по строительству,I972.

I9. Снижение шума методами звукоизоляции.Под редакцией В.И.Заборова.М.,Изд-во литературы по строительству,I973.

20. Седов М.С.,Бобылев В.Н. Исследование звуксизоляции ограждающих конструкций в больших и малых реверберационных камерах."Звукоизоляция конструкций зданий".Горький,Труды ГИСИ. вып.7I,I974.

2I. Седов М.С. Звукоизоляция облегченных ограждающих конструкций. Доктор.диссертация,Горький,Труды ГИСИ,I97I.

22. ОСТ 23.I.446-76.Дизели тракторные и комбайновые.Шум и вибрация Нормы и методы определения.

23. РТМ 2I2.0059-76.Комплекс противошумовых мероприятий на судах речного флота.

24. РТМ 2I2.0060-76.Комплекс противошумовых мероприятий на судах речного флота.Указания по проектированию и методика расчета.

25. РТМ 50-7-67.Средства звукоизоляции и звукопоглощения в судовых помещениях.Правила проектирования и методика расчета для судов внутреннего плавания.

26. ОСТ 5.4I62-75.Глушители шума выхлопа судовых двигателей внутреннего сгорания.Методика акустического расчета.

27. Альбом конструкций и методов расчета шумовиброзащитных устройств путевых машин. Л., ЛИИЖТ-ПТКБЦП МПС, I974.

28. ОСТ 5.9045-7I.Материалы для судовых звукоизолирующих и звукопоглощающих конструкций.Классификация, данные для акустических расчетов.

29. Инструкция 74I-05-II-65.Звукоизолирующие,звукопоглощающие, виброизолирующие и вибропоглощающие судовые конструкции.Изготовление,монтаж и приемка.

30. Инструкция ИО-50.002-73.Средства звукоизоляции помещений судов речного флота.

3I. Справочный альбом (звукоизолирующие,вибродемпфирующие,звукопоглощающие и обивочные материалы для кабин тракторов и сельскохозяйственных машин.М.,ОНТИ-НАТИ,I974.

32. РТМ 24.040.020-72.Машины путевые.Рекомендации по шумовиброзащите при проектировании.

33. ОСТ 24.046.I0-74.Машины путевые.Глушители шума выпуска двигателей внутреннего сгорания.

34. РТМ 23.260-76.Звукоизолирующие,вибродемпфирующие,звукопоглощающие и облицовочные материалы для применения в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.

35. ГОСТ I2.I.003-76.ССБТ.Шум.Общие требования безопасности.

36. ОСТ 24.I40.20-73.Машины путевые.Сиденья оператора.Технические требования.

Содержание

	Стр.
I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	I
2. ПОРЯДОК ПРИМЕНЕНИЯ	2
3. РАСЧЕТЫ ОЖИДАЕМОЙ ШУМНОСТИ И ТРЕБУЕМОЙ ШУМОЗАЩИТЫ	3
3.I. Расчет воздушных составляющих	3
3.I.I. Выбор расчетной схемы	3
3.I.2. Выполнение расчетов воздушного звука	II
3.2. Расчет структурной составляющей шума в кабине	32
3.3. Расчет шума в кабине	34
3.4. Расчеты требуемого шумозаглушения	34
4. ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШУМОЗАЩИТЫ	36
4.I. Общие мероприятия по снижению шума	36
4.2. Рекомендации по снижению шума СДМ	36
4.3. Общие требования к конструкциям шумозащиты	42
5. РАСЧЕТЫ ШУМОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	45
5.I. Звукоизоляция	45
5.I.I. Классификация элементов звукоизоляции	45
5.I.2. Расчет звукоизоляции однослойных ограждений	45
5.I.3. Расчет звукоизоляции двухстенных конструкций	57
5.I.4. Расчет звукоизоляции многослойных ограждений	60
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Частотные характеристики звукоизоляции тонких ограждений, полученные в реверберационных камерах ГИСИ	64
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Частотные характеристики звукоизоляции капотов, полученные экспериментальным путем	82

Стр.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Экспериментальные глушители шума выхлопа двигателей внутреннего сгорания 84

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Примеры конструктивного исполнения звукоизолирующих кабин и капотов I0I

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Пример выполнения расчета ожидаемой шумности I03

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Примеры расчета звукоизоляции тонких однослойных ограждающих конструкций I07

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Литература II2

Ответственный за выпуск А. В. Королев
Технический редактор Н. В. Семенова

Подписано в печать 16.1.84	Л 100991	Формат 60×90 1/16
Печать офсетная	Печ. л. 7,25	Уч.-изд. л. 7,6
Тираж 500 экз.	Изд. № 484-83	Зак. 453

ЦНИИТЭстроймаш, 121019, Москва, ул. Маркса — Энгельса, 7/10
Отдел опытного полиграфического производства
111141, Москва, 2-й проезд Перова поля, 5

gost.e-ecolog.ru