ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

ДОКУМЕНТЫ НОРМАТИВНЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ОАО «ГАЗПРОМ»

ЗАЩИТА ОТ ШУМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОАО "ГАЗПРОМ"

СТО ГАЗПРОМ 2-3.5-043-2005

gost.e-ecolog.ru

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "ГАЗПРОМ"

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ДОКУМЕНТЫ НОРМАТИВНЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ОАО "ГАЗПРОМ"

ЗАЩИТА ОТ ШУМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОАО "ГАЗПРОМ"

СТО ГАЗПРОМ 2-3.5-043-2005

РАЗРАБОТАН	Общество с ограниченной ответственностью "Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - ВНИИГАЗ"
ВНЕСЕН	Отделом энергосбережения и экологии Департамента по транспортировке, подземному хранению и использования газа
УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ	Распоряжением ОАО «Газпром» от 22 сентября 2005 г. № 238 с 10 ноября 2005 г.
ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ	

Введение

В документе приведены основные подходы к нормированию шумовых характеристик технологического оборудования объектов ОАО "Газпром", методы расчета шумового поля объектов ОАО "Газпром" и окружающих их территорий, методы расчета и типовые схемы средств снижения шума оборудования и мероприятия по защите от шума работников организаций ОАО "Газпром".

Выбор необходимых мероприятий по снижению шума проводится на основании акустического расчета действующих или подлежащих реконструкции объектов ОАО "Газпром". Для каждого конкретного объекта предлагаются способы и средства защиты от шума, обусловленные его спецификой.

1. Область применения

Настоящий стандарт "Защита от шума технологического оборудования ОАО "Газпром" устанавливает требования для расчетного обеспечения допустимых шумовых показателей при работе организаций и дочерних обществ ОАО "Газпром".

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.050-86 Система стандартов безопасности труда. Методы измерения шума на рабочих местах

ГОСТ 12.2.016.4-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование компрессорное. Метод определения шумовых характеристик стационарных компрессорных станций и установок

ГОСТ 12.2.016.5-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование компрессорное. *Шумовые характеристики и защита от шума. Построение технических документов*

ГОСТ 17187-81 Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний

3. Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1. **постоянный шум:** Шум, уровень звука которого изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях по временной характеристике "медленно" шумомера по ГОСТ 17187.

3.2. **непостоянный шум:** Шум, уровень звука которого изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях по временной характеристике "медленно" шумомера по ГОСТ 17187.

3.3. **производственный шум:** Шум на рабочих местах в помещении или на территории организации, возникающий при производственных процессах и работе сантехнического оборудования.

3.4. **уровень звукового давления:** Десятикратный десятичный логарифм отношения квадрата звукового давления к квадрату порогового звукового давления (РО = 2 (10-5 Па), дБ.

3.5. **уровень звука:** Уровень звукового давления шума в нормируемом диапазоне частот, корректированный по частотной характеристике А шумомера по ГОСТ 17187 в дБА.

3.6. **эквивалентный (по энергии) уровень звука:** Уровень звука постоянного шума, который имеет то же самое среднеквадратическое значение звукового давления, что и исследуемый не постоянный шум в течение определенного интервала времени в дБА.

3.7. **уровень звуковой мощности:** Десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой мощности пороговой звуковой мощности ($w_0 = 10^{-12}$ Вт)

3.8. **коэффициент звукопоглощения** α**:** Отношение величины не отраженной от поверхности звуковой энергии к величине падающей энергии.

3.9. **эквивалентная площадь поглощения (поверхности или предмета):** Площадь поверхности с коэффициентом звукопоглощения $\alpha = 1$ (полностью поглощающей звук), которая поглощает такое же количество звуковой энергии, как и данная поверхность или предмет.

3.10. **звукоизоляция:** Создание герметичной преграды на пути распространения воздушного шума в воздухе.

3.11. **звукопоглощение:** Уменьшение энергии звуковых волн на поверхностях, встречаемых ими на пути распространения, происходящее за счет превращения звуковой энергии в тепловую.

3.12. **предельный радиус:** Расстояние от источника шума, на котором уровень звукового давления отраженного звука равен уровню звукового давления прямого звука, излучаемого рассматриваемым источником

4. Сокращения

В настоящем стандарте приняты следующие сокращения:
ВЗК — воздухозаборная камера
АВО газа — аппараты воздушного охлаждения газа
ГЩУ — главный щит управления
ГТО — газотранспортная организация
ГПА — газоперекачивающий агрегат
ГТУ — газотурбинная установка
ГРС — газораспределительная станция

5. Источники шума газотранспортных организации и дочерних обществ

5.1. КС является источником интенсивного шума который распространяется как в помещениях и на территории ГТО, так и на территории ближайшей к КС жилой застройки. Шумовое поле КС определяется суперпозицией шумовых полей основных источников шума. К числу таких источников на территории газотранспортного ГТО и ближайшей селитебной застройки следует отнести источники, имеющие высокий уровень звуковой мощности, а так же источники, располагающиеся высоко над уровнем земли и не затененные деревьями и строениями.

Доминирующими источниками на КС, создающими шумовое условие на территории организации и окружающих территориях, являются:

- ГПА;
- блоки редуцирования;
- системы вентиляции;
- системы технологического сброса газа;
- агрегаты воздушного охлаждения газа (АВО газа).

5.2. КС магистральных газопроводов оснащены газоперекачивающими агрегатами следующих типов в зависимости от вида привода:

- с газотурбинным приводом, в том числе с авиаприводом и судовым приводом;
- электроприводные;

- поршневые.

5.3. Основными источниками шума на КС с газотурбинным приводом являются ГТУ и нагнетатели. Среди излучателей интенсивного шума выделяют следующие источники: воздухозаборная камера (ВЗК), всасывающий патрубок осевого компрессора, корпус газотурбинного агрегата, шахта выхлопа газотурбинного агрегата, нагнетатель, технологическая обвязка трубопроводов центробежных нагнетателей, системы вентиляции.

Процесс всасывания ГТУ вызывает интенсивный шум, характеризующийся уровнями звукового давления от 90 до 100 дБ, максимум излучения имеет место на частотах от 1000 до 4000 Гц. Характер шума всасывания — тональный с интенсивными максимумами на отдельных частотах. Шум шахты выхлопа также является интенсивным источником с максимумом излучения в диапазоне частот от 500 до 1000 Гц, с ярко выраженной тональной составляющей. Уровни шума выхлопа на расстоянии 10 м от шахты оцениваются величинами от 80 до 90 дБ.

Нагнетатели излучают шум высокого уровня от 90 до 100 дБ с максимумом излучения в октавах 1000 и 2000 Гц: Характер шума — тональный.

Технологическая обвязка трубопроводов центробежных нагнетателей излучает шум, распространяющийся от нагнетателей, поэтому спектры шума нагнетателей и гитары трубопроводов идентичны.

5.4. Основными источниками шума на КС с авиационным приводом являются: авиационный двигатель, нагнетатель, гитара трубопроводов. Среди излучателей интенсивного шума выделяют следующие источники: шахта выхлопа (от 110 до 115 дБ), бокс двигателя (от 110 до 120 дБ), технологическая обвязка трубопроводов центробежных нагнетателей (от 105 до 110 дБ).

Характеристика шума перечисленных выше излучателей аналогична характеристике излучателей шума стационарных ГТУ.

5.5. Основными источниками шума на КС с электроприводом являются: электрический двигатель, нагнетатель и гитара трубопроводов.

Шум электродвигателя — широкополосный с тональными составляющими. Максимум излучения (от 90 до 100 дБ) имеет место в октавах от 1000 до 2000 Гц.

5.6. Основным шумящим оборудованием КС с ГМК являются кривошипно-шатунные механизмы, рабочие цилиндры, система трубопроводов, шахта выхлопа.

Шум кривошипно-шатунных механизмов — механического происхождения, имеет импульсный характер, излучается в широком диапазоне частот, определяемом собственными частотами колебаний системы.

Колеблющийся во времени шум рабочих цилиндров генерируется в результате протекания процессов воспламенения и сгорания топлива, а также в результате динамических изменений давления газов. Шум имеет максимум интенсивности излучения от 100 до 105 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 250 до 500 Гц.

Шум трубопроводов имеет непостоянный характер, аналогичный шуму рабочих цилиндров.

Шум шахты выхлопа излучается в низкочастотном диапазоне и имеет непостоянный характер. Максимум интенсивности излучения 105 дБ наблюдается в октаве 63 Гц.

5.7. Основным источником шума АВО газа являются вентиляторы. Наиболее интенсивное излучение звука, создаваемое работой вентиляторов АВО газа наблюдается в диапазоне от 250 до 1000 Гц и характеризуется уровнями звуковой мощности от 101 до 105 дБ.

Основные шумовые характеристики, необходимые для выполнения акустических расчетов ГТО на стадии проектирования, приведены в приложении А.

6. Требования к нормированию шума газотранспортного оборудования

6.1. Существующие в настоящее время отечественные санитарные нормы и стандарты (ГОСТ 12.1.003, [1], [2]) устанавливают два основных ограничения по шуму на гигиенические и экологические характеристики промышленных организаций:

- предельно допустимые значения уровней шума на рабочих местах;
- предельно допустимые значения уровней шума на территориях, прилегающих к жилым застройкам (селитебные территории).

6.2. Нормируемыми параметрами шума на ГТО являются уровни среднеквадратичных звуковых давлений, измеряемые на характеристике шумомера "S" (медленно) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Предельно допустимые спектры шума в санитарных нормах установлены как с учетом характера труда, так и с учетом длительности его воздействия в течение суток. В зависимости от длительности воздействия, характера шума в предельно допустимый спектр вводятся поправки.

6.3. Санитарные нормы для ориентировочной оценки шума допускают пользоваться общим уровнем звука, измеренным по шкале А шумомера.

Нормативные уровни звукового давления в зоне жилой застройки и на постоянных рабочих местах принимаются для различных помещений и цехов по таблице 1.

При нахождении работников в течение рабочей смены в зонах с различным уровнем шума рассчитывается эквивалентный уровень звука по ГОСТ 12.1.050, который сопоставляется с предельно допустимым уровнем звука 80 дБА. Допустимое время работы в шумных помещениях определяется акустическим расчетом.

Таблица 1 — **Нормативные уровни шума в зоне жилой застройки и на рабочих местах**

Значения предельных спектров	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах частот, Гц									Уровни шума, ДВА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	А
ПС-40 (для жилой застройки)	72	65	7	49	44	40	37	35	33	45
ПС-75 (для рабочих мест)	103	94	87	82	78	75	73	71	65	80
ПС-60 (помещения главного щита управления КС)	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Примечания - 1 При тональных и импульсных шумах предельно допустимый спектр шума снижается на 5 дБ. 2 Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.										

6.4. Минимальные размеры санитарно-защитной зоны, на границе которой требования по шуму для селитебных территорий (таблица 1) должны быть выполнены, регламентированы [3] и составляют 700 м от границы организации.

6.5. Данные о типовом использовании агрегатов одного вида, отличающихся способом исполнения и производительной мощностью, приведены в таблице 2.

Таблица 2 — **Количество ГПА одного вида, при одновременной работе которых должны выполняться нормативные требования по шуму**

Единичная мощность, МВт	Количество ГПЛ, шт. для исполнения	
	В общем здании (цеховое исполнение)	В индивидуальном здании или блок-контейнере
25	-	4
16	3	6
10-12,5	4-5	S
6-8	6	6

6.6. Доминирующие источники шума для различных типов ГПА, времени пребывания обслуживающего персонала на рабочих местах и в рабочих зонах по маршруту профилактического обхода оборудования приведены в таблице 3.

Таблица 3 — **Доминирующие источники шума компрессорных станций**

Тип агрегата	Наименование помещения и территории	Характер шума	Вид спектра шума	Время пребывания обслуживающего персонала, мин
ГПА-Ц-6,3	Зона всасывания	Широкополосный, постоянный	высокочастотный	60
	Зона выхлопа	Широкополосный, постоянный	низко- и высокочастотный	60
	Отсек двигателя	Широкополосный, постоянный	высокочастотный	30
	Отсек нагнетателя	Тональный, постоянный	высокочастотный	21
ГТК-10	Машинный зал	Широкополосный, постоянный	средне- и высокочастотный	210
	Галерея	Тональный, постоянный	высокочастотный	90

	нагнетателей			
	Зона всасывания	Широкополосный, постоянный	низко- и среднечастотный	60
	Зона выхлопа	Широкополосный, постоянный	среднечастотный	90
ГПА-16М	Укрытие нагнетателя	Тональный, постоянный	среднечастотный	30
	Зона всасывания	Широкополосный, постоянный	низко- и среднечастотный	60
	Зона выхлопа	Широкополосный, постоянный	среднечастотный	75
ГТН-25 (НЗЛ)	Укрытие двигателя	Широкополосный, постоянный	низкочастотный	60
	Укрытие нагнетателя	Тональный, постоянный	средне- и высокочастотный	30
	Зона всасывания	Широкополосный, постоянный	средне- и высокочастотный	60
	Зона выхлопа	Широкополосный, постоянный	низко- и среднечастотный	75
ГТН-25-1 (УТМЗ)	Укрытие двигателя	Широкополосный, постоянный	средне- и высокочастотный	60
	Укрытие нагнетателя	Тональный, постоянный	средне- и высокочастотный	30
ГТН-25-1 (УТМЗ)	Зона всасывания	Широкополосный, постоянный	низкочастотный	60
	Зона выхлопа	Широкополосный, постоянный	низко- и среднечастотный	75
Дон-2	Машинный зал	Широкополосный, постоянный	высокочастотный	120
	Галерея нагнетателей	Тональный, постоянный	среднечастотный	60
	Зона всасывания	Широкополосный, постоянный	высокочастотный	60
ГПУ -10	Укрытие агрегата	Широкополосный, постоянный	средне- и высокочастотный	60
	Укрытие нагнетателя	Тональный, постоянный	высокочастотный	60
	Зона всасывания	Широкополосный, постоянный	низкочастотный	15
	Зона выхлопа	Широкополосный, постоянный	низко- и высокочастотный	15
ЭГПА-25	У двигателя	Широкополосный, постоянный	низко- и среднечастотный	90
	У нагнетателя	Тональный, постоянный	низко- и высокочастотный	90
	У технологической обвязки нагнетателя	Широкополосный, постоянный	среднечастотный	30
ЭГПА-12,5	Машинный зал	Широкополосный, постоянный	среднечастотный	90
	Зал нагнетателей	Тональный, постоянный	высокочастотный	60
	У технологич. обвязки нагнетателей	Широкополосный, постоянный	среднечастотный	30
ГПА-Ц-16	Зона всасывания	Широкополосный, постоянный	высокочастотный	60
	Зона выхлопа	Широкополосный, постоянный	низкочастотный	60

	Отсек двигателя	Широкополосный, постоянный	низкочастотный	60
	Отсек нагнетателя	Тональный, постоянный	низкочастотный	30
ГПУ-16	Зона всасывания	Широкополосный, постоянный	низко- и среднечастотный	90
	Зона выхлопа	Широкополосный, постоянный	низкочастотный	150
	Отсек двигателя	Широкополосный, постоянный	низко- и среднечастотный	-
	Отсек нагнетателя	Тональный, постоянный	низко- и среднечастотный	-

6.7. В качестве предельно допустимых шумовых характеристик для типовых расстояний от проектируемых компрессорных станций 700-1500 м принимаются значения, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 — **Предельно допустимые шумовые характеристики ГПА**

Значения установленной мощности ГПА	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
4 МВт	119	117	110	100	99	104	96	91
6 МВт	125	121	115	106	105	110	106	97
10 МВт	129	124	117	108	107	111	119	103
16 МВт	131	127	120	110	111	114	122	105
25 МВт	133	130	122	115	114	117	124	108

Примечания:

1 Значения предельно допустимых шумовых характеристик газоперекачивающих агрегатов приведены для единичного агрегата.

2 При увеличении количества работающих агрегатов значения предельно допустимых шумовых характеристик ГПА уменьшаются в зависимости от их количества.

6.8 В производственных помещениях уровни звукового давления нормируются в зависимости от времени пребывания работников.

Для КС, оснащенных ГПА в индивидуальных укрытиях, время пребывания работников в укрытии, как правило, составляет 1 ч, в укрытии нагнетателя — 0,5 ч. Время пребывания работников КС, оснащенных ГПА в цеховом исполнении в машинном зале, как правило, составляет 2-3,5 ч, в галерее нагнетателей — 1-1,5 ч.

Время пребывания работников ГРС составляет 3,5-4 ч в смену в помещении зала редуцирования и 3,5—4 ч в смену на территории ГРС.

Работники по ремонту КС находятся на рабочих местах в течение 8 ч. Поэтому для них применяется предельно допустимый спектр ПС—75.

Значения нормативных уровней звукового давления приведены в таблице 5.

Таблица 5 — **Нормативные уровни звукового давления**

Исполнение ГПА. Наименование помещения	Предельно допустимые уровни звукового давления, в октавных полосах частот, Гц									Предельно допустимые уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
В индивидуальных укрытиях: укрытие двигателя	116	104	96	91	87	84	82	80	78	89
укрытие нагнетателя	119	107	99	94	90	87	85	83	81	92
В цеховом исполнении: в машинном зале	110	98	90	85	81	78	76	74	72	83
в галерее нагнетателей	116	104	96	91	87	84	82	80	78	89
для ремонтного персонала	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
ГЩУ	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

в помещении зала редуцирования ГРС	110	98	90	85	81	78	76	74	72	83
на территории ГРС	110	98	90	85	81	78	76	74	72	83

Примечание — В случае изменения времени прохождения работников по маршруту профилактического обхода расчет предельно допустимых шумовых характеристик проводится либо на основании хронометража рабочего времени работников, либо на основании времени пребывания работников, указанного в сопроводительных документах на газотранспортное оборудование.

7 Определение уровня звукового давления в расчетных точках

7.1 Методы определения шумового поля организации

7.1.1 Акустический расчет проводится в девяти октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Расчет включает:

1) выявление источников шума и их шумовых характеристик (уровней звуковой мощности в девяти октавных полосах частот и, в необходимых случаях, характеристик направленности);

2) выбор расчетных точек (для организаций с однотипным оборудованием в средней части цеха, для КС с разнотипным оборудованием на рабочем месте наиболее шумного оборудования). Высота расчетной точки от пола 1,5 м (если работа выполняется стоя) и 1,2 м (если работа выполняется сидя); расстояние расчетной точки от наибольшего контура агрегата не менее 0,5 м;

3) определение допустимых уровней звукового давления для расчетных точек $L_{доп}$ в соответствии с нормами для данной категории помещений;

4) определение ожидаемых уровней звукового давления в расчетных точках L_p до осуществления мероприятий по снижению шума с учетом снижения уровней звуковой мощности ΔL_p по пути распространения шума;

5) определение требуемого снижения уровней звукового давления;

6) выбор наиболее рациональных мероприятий для обеспечения необходимого снижения уровней звукового давления в расчетных точках;

7) выбор типа конструкций и размеров шумоглушащих устройств;

8) определение уровней звукового давления в расчетных точках после осуществления выбранных мероприятий по шумоглушению и сопоставлению с $L_{доп}$.

7.1.2 Расчетные точки на промышленной площадке выбирают по плану, внутри помещений — на постоянных рабочих местах. На территории ПП выбирают две или три расчетные точки. Для источников, излучающих шум в атмосферу, расчетные точки выбирают на расстоянии 2 м от плоскости окон ближайших зданий, ориентированных в сторону источника шума, на высоте 1,2 м от поверхности земли.

7.1.3 Внутри помещений организации выбирают, как правило, одну или две точки: на рабочем месте, расположенном в зоне действия отраженного звука (вблизи ограждающих поверхностей), и в зоне действия как отраженного, так и прямого звука. В обоих случаях расчетные точки должны быть расположены на уровне уха работающего на высоте 1,2— 1,5 м от пола.

Зону отраженного звука определяют величиной предельного радиуса. Величину предельного радиуса для источников шума $r_{пр}$, м, расположенных на полу, определяют по формулам:

а) когда в помещении находится один источник шума

$$r_{пр} = 0,2\sqrt{B_{8000}}, \quad (1)$$

б) когда в помещении находится n одинаковых источников шума

$$r_{пр} = 0,2\sqrt{\frac{B_{8000}}{n}}, \quad (2)$$

где B_{8000} - постоянная помещения на частоте 8000 Гц, м^2 (частота 8000 Гц соответствует максимальному значению предельного радиуса).

Постоянную помещения B определяют умножением постоянной помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц (B_{8000}) на частотный множитель μ ($B = B_{1000} \cdot \mu$).

Постоянная помещения B_{1000} определяется по таблице 6 в зависимости от объема помещения V, м^3. Значения частотного множителя μ приведены в таблице 7.

Таблица 6 — **Значения постоянной помещения B_{1000} в различных помещениях**

Характеристика помещения	Постоянная помещения B_{1000}
Помещение с небольшим количеством людей (машинный зал, металлообрабатывающий цех, вентиляционная камера, генераторные, галерея нагнетателей)	$\frac{V}{20}$
Помещения с жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (помещение главного щита управления, вспомогательное помещение газотурбинного цеха и т.д.)	$\frac{V}{10}$
Помещение с большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочее помещение в здании управления, учебный класс, технический кабинет и т.п.)	$\frac{V}{6}$
Помещение со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	$\frac{V}{1,5}$

Таблица 7 — **Частотный множитель μ**

Объем помещения, V м^3	Среднегеометрическая частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
До 200	0,8	0,75	0,7	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5
200-500	0,65	0,62	0,64	0,75	1,0	1,5	2.4	4,2
Более 500	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0

7.1.4 Уровни звукового давления в расчетных точках до осуществления мероприятий по шумоглушению определяют в зависимости от взаимного расположения расчетных точек и источников шума.

Если в рассматриваемом помещении установлено несколько источников шума, излучающих одинаковую звуковую мощность, то ожидаемые октавные уровни звукового давления от всех источников в расчетной точке L_i, дБ, вычисляют по формуле

$$L_i = L_{p_i} + 10\lg\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\chi_i \Phi}{S_i} + \frac{4n\psi}{B}\right), \qquad (3)$$

где L_{p_i} — октавный уровень звуковой мощности, излучаемой одним источником шума, дБ;

S_i — площадь поверхности излучения i-го источника, м^2;

n — общее количество источников шума;

χ_i —эмпирический поправочный коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля, определяемый по графику в зависимости от отношения расстояния r_i от источника шума до расчетной точки к максимальному размеру источника шума l_{max} (рисунок 1);

ψ — эмпирический коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, зависящий от отношения постоянной помещения В к площади ограждающих поверхностей $S_{огр}$ (рисунок 2) [3].

Ф — фактор направленности источника шума, безразмерный (для случая, когда фактор направленности неизвестен, Ф = 2).

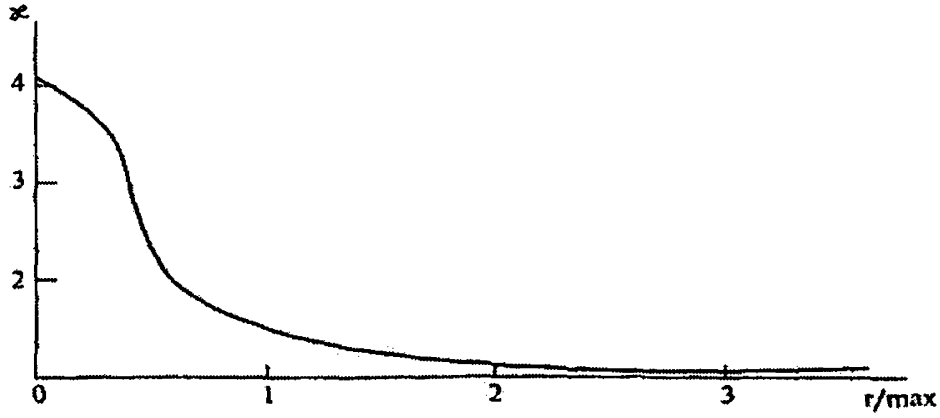


Рисунок 1 — График для определения поправочного коэффициента

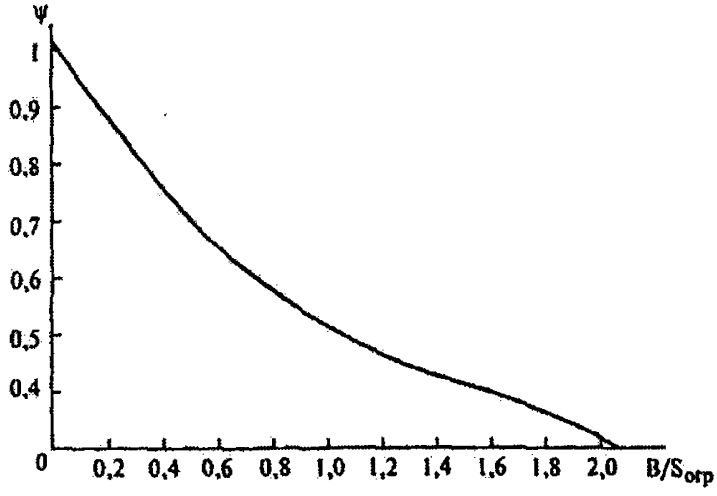


Рисунок 2 — График для определения коэффициента, учитывающего нарушение диффузности звукового поля в помещении

7.1.5 Если источник шума и расчетные точки расположены на территории ПП, то ожидаемые уровни звукового давления рассчитывают по формуле:

$$L_i = L_{p_i} - 15\lg r + 10\lg\Phi - \frac{\beta_\alpha r}{1000} - 10\lg\Omega + 10\lg n, \qquad (4)$$

где L_{p_i} — октавные уровни звуковой мощности рассматриваемого источника шума, дБ;

r — расстояние от источника шума до расчетной точки, м;

β_α — коэффициент затухания звука в атмосфере, принимаемый в зависимости от среднегеометрической частоты по таблице 8;

Ω — пространственный угол, в который излучается шум, стерадиан (для источника шума в пространство $\Omega = 4\pi$; на поверхности территории или ограждающих конструкций зданий и сооружений $\Omega = 2\pi$.

Таблица 8 — **Коэффициент затухания звука в атмосфере**

Среднегеометрическая частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Затухание звука в атмосфере β_α, дБ/км	0,0	0,7	1,5	3,0	6,0	12,0	4,0	48,0
Примечание – При расстоянии $r \le 50$ м затухание звука в атмосфере не учитывается								

При определении L_i в расчетных точках, расположенных на территории ПП, в общее

количество принимаемых в расчет источников входят:

1) элементы ограждений, в том числе горизонтальные ограждающие конструкции, ориентированные в сторону расчетной точки, через которые шум из помещений попадает в расчетную точку;

2) выходные отверстия каналов, излучающих шум в атмосферу (воздухозаборник, выхлоп газотурбинной установки);

3) агрегаты, установки и т.п., размещенные на этой территории (галерея нагнетателей и т.д.).

7.1.6 При расположении на территории ПП нескольких источников шума суммарные уровни звукового давления определяются последовательным сложением уровней звукового давления, создаваемых в этой точке каждым источником. Суммирование производится с помощью данных, приведенных в таблице 9.

Таблица 9 — **Определение суммарных уровней звукового давления нескольких источников шума, расположенных на территории ПП**

Разность двух складываемых уровней	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому уровню для суммарного уровня	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0,0

7.1.7 Если источники шума расположены в здании и расчетные точки находятся на территории КС, а шум в атмосферу проникает через ограждающие конструкции, то ожидаемые уровни звукового давления в расчетных точках определяют отдельно для каждого элемента ограждения (стены, перекрытия, окна, двери, проемы и т.д.), через которое проникает шум, по формуле

$$\left.\begin{aligned} L_i &= L_{p_i} - \Delta L_{p_i} - 20\lg r_i - \frac{\beta_a \cdot r_i}{1000} - 5 \\ \Delta L_{p_i} &= 10\lg B_\mu - 10\lg S_i + R_i \end{aligned}\right\}, \qquad (5)$$

где ΔL_{p_i} — снижение октанового уровня звуковой мощности по пути распространения звука, дБ;

S_i — площадь рассматриваемого ограждения, через которое шум проникает в атмосферу, м^2;

R_i — звукоизолирующая способность рассматриваемого ограждения или его элемента (для проемов, решеток, фильтров и т.п. принимается $R_i = 0$);

r_i — расстояние центра каждого из обращенных к расчетной точке элементов ограждения (включая наружное перекрытие), через которое проникает шум, до расчетной точки, м.

7.1.8 Если источники шума расположены в здании, а расчетные точки на территории КС, и шум распространяется по каналам и излучается в атмосферу через выходные отверстия, например ВЗК, то ожидаемые уровни звукового давления L_i от каждого источника определяются по формуле

$$L_i = L_{p_i} - \Delta L_{p_i} - 20\lg r_i + 10\lg\frac{\Phi_i}{4\pi} - \frac{\beta_a \cdot r_i}{1000} \qquad (6)$$

7.2 Расчет эквивалентного уровня звука по маршруту профилактического обхода

Расчет эквивалентного уровня звука по маршруту профилактического обхода L_m, дБА, производят по формуле

$$L_m = 10\lg\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1\left(L_{A_i} + \Delta L_{t_{A_i}}\right)} \qquad (7)$$

где n — число зафиксированных (измерительных) точек по линии маршрута;

L_i — уровень звука в i-й зоне, дБА;

$\Delta L_{t_{A_i}}$ — поправка на уровень звука в i-й зоне с учетом времени пребывания в данной зоне по ГОСТ 12.1.050, дБА.

Время пребывания в i-й зоне в период обхода, мин, определяют из выражения

$$t_i = t_i' + \Delta t, \qquad (8)$$

где t_i' — время нахождения в точке i, мин;

Δt — время, затрачиваемое на перемещение от точки i в точку i+1, мин.

7.3 Методы определения уровней шума на селитебных территориях

7.3.1 Октавные уровни звукового давления L, дБ, в расчетных точках определяются по формуле

$$L = L_p + 10\lg\Phi - 10\lg\Omega - 20\lg r - \beta_a \cdot r/1000 + \Delta L_{отр} - \Delta L_c, \quad (9)$$

где L_p — октавный или октавный эквивалентный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

Φ — фактор направленности источника шума для направления на расчетную точку (для ненаправленного источника шума $\Phi = 1$);

Ω — пространственный угол, в который излучается шум, стерадиан (для источника шума в пространство $\Omega = 4\pi$; на поверхности территории или ограждающих конструкций зданий и сооружений $\Omega = 2\pi$).

Источник шума, находящийся над поверхностью территории или на ограждающих конструкциях зданий и сооружений, следует считать расположенным в пространстве при выполнении условия $H_{ист} > 0{,}5r_i$, где r_i — расстояние от источника шума до расчетной точки; $H_{ист}$ — высота источника шума над поверхностью территории. Численные значения величины 10-lg Ω. составляют 8,11 дБ при Ω, равных соответственно 2π, 4π;

r — расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м; за акустический центр источника шума, расположенного на поверхности, принимается проекция его геометрического центра на поверхность; у источника в пространстве акустический и геометрический центры совпадают;

β_α — коэффициент поглощения звука в воздухе, принимаемый по таблице 8, дБ/км (при $r <$ 50 м поглощение звука в воздухе не учитывается);

$\Delta L_{отр} = 3n$ — повышение уровня звукового давления вследствие отражений звука от больших поверхностей (земля, стена, угол двух стен), расположенных на расстоянии r от расчетной точки, не превышающей $0{,}1r$, дБ;

n — число отражающих поверхностей (поверхность земли не включается в число, если отражение от нее уже учтено в значении пространственного угла Ω), $n < 3$;

ΔL_c — дополнительное снижение уровня звукового давления элементами окружающей среды

$$\Delta L_c = \Delta L_{экр} + \Delta L_{пов} + \beta_{зел} \cdot l + \Delta L_{пог}, \quad (10)$$

где $\Delta L_{экр}$ — снижение уровня звукового давления экранами, расположенными между источником шума и расчетной точкой, определяемое согласно 7.3.3;

$\Delta L_{пов}$ — снижение уровня звукового давления поверхностью земли, определяемое согласно п. 7.3.5;

$\beta_{зел}$ — коэффициент ослабления звука полосой лесонасаждений, определяемый по формуле 18, дБ/м;

l — ширина лесополосы, м;

$\Delta L_{пог}$ — снижение уровня звукового давления, обусловленное погодными условиями.

7.3.2 При ориентировочных расчетах уровни звука L_A, дБА, в расчетных точках допускается определять по формуле

$$L_A = L_{PA} - 10\lg\Omega - 20\lg r - \Delta_{A,} + \Delta L_{отр} - \Delta L_{CA}, \quad (11)$$

где L_{PA} — корректированный или эквивалентный корректированный уровень звуковой мощности источника шума, дБА;

$\Delta_{A,}$ — поправка на поглощение звука в воздухе, принимаемая по графику (рисунок 3) в зависимости от разности $\Delta_{L\text{-}A} = L_{Plin} - L$ и учитывающая зависимость звукопоглощения от спектра шума;

L_{Plin} — общий уровень звуковой мощности источника шума, дБ.

Снижение уровня звука элементами окружающей среды ΔL_{CA}, дБА, вычисляют по формуле

$$\Delta L_{CA} = \Delta L_{A_{экр}} + \Delta L_{A_{пов}} + \beta_{A_{зел}} \cdot l + \Delta L_{A_{пог}}, \quad (12)$$

где $L_{A_{экр}}$ — снижение уровня звука экранами, расположенными между источником шума и расчетной точкой, определяемое согласно 7.3.3;

$L_{A_{пов}}$ — снижение уровня звука поверхностью земли, определяемое согласно 7.3.5;

$\beta_{A_{зел}}$ — коэффициент ослабления звука полосой лесонасаждений, определяемый по формуле (18), дБ/м.

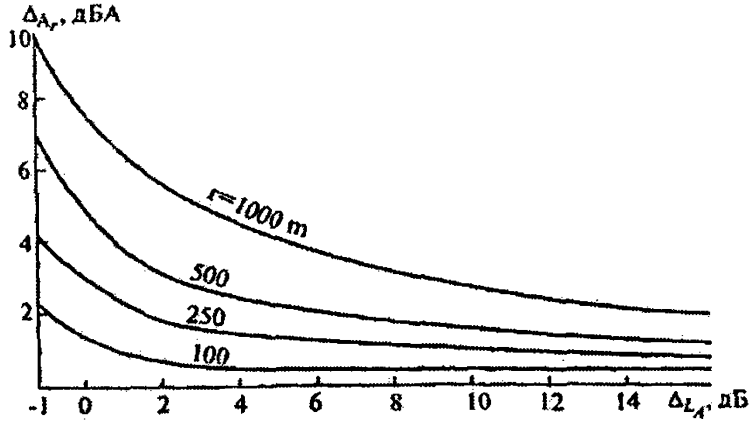


Рисунок 3 — График для определения поправки, учитывающей поглощение звука в воздухе

7.3.3 Снижение уровня звукового давления экраном (здание, стена, насыпь), расположенным между источником шума и расчетной точкой $\Delta L_{экрi}$, дБ, на каждом из путей следует определять по формуле

$$\Delta L_{экрi} + 20\lg\left[\sqrt{0{,}037 f \delta_i}\, lth\sqrt{0{,}037 f \delta_i}\right] + 5\,, \qquad (13)$$

где f — среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц;

δ_i — относительное расстояние от источника шума до расчетной точки, м ($\delta_i = a_i + b_i - d_i$);

$a_i + b_i$ — длина кратчайшего пути от источника шума до расчетной точки, проходящего через i–ю кромку экрана, м;

d_i — кратчайшее расстояние между источником шума и расчетной точкой, м.

Результирующее снижение уровня звукового давления $\Delta L_{экр}$, дБ, определяют по формуле

$$\Delta L_{A_{экр}} = -10\lg\left(\sum_{i=1}^{3} 10^{-0{,}1\Delta L_{экрi}}\right) \qquad (14)$$

Для источника больших размеров по сравнению с расстоянием до экрана за расстояние $a_i + b_i$ следует принимать длину кратчайшего пути от расчетной точки до поверхности источника шума, проходящего через верхнюю кромку экрана, а за d_i — кратчайшее расстояние от расчетной точки до источников шума, ближайших к кромкам экрана.

При ориентировочных расчетах снижение уровня звука экранами $\Delta L_{Aэкр}$, дБ, допустимо определять по формуле (14), в которой величины снижения уровней звука $\Delta L_{Aэкрi}$ на каждом из путей вычисляют по формуле

$$\Delta L_{Aэкрi} = 10\lg\delta_i + \Delta_{Aэкр} \qquad (15)$$

где $\Delta_{Aэкр}$ - поправка, значения которой приведены на рисунке 4 в зависимости от

$$\Delta_{L\text{-}A} = L_{Pлин} - L_{PA},\ \text{дБА}$$

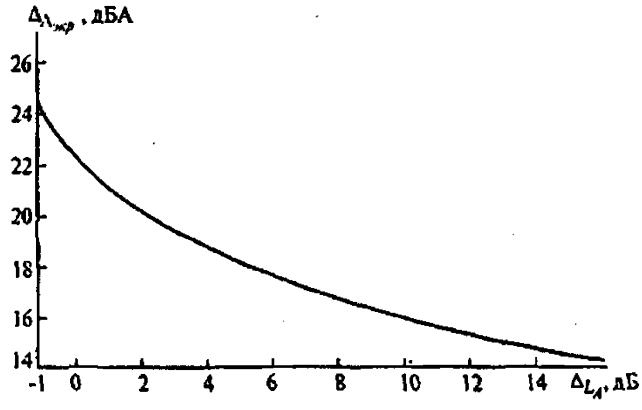


Рисунок 4 — График для определения поправки, учитывающей снижение уровня звука экраном

7.3.4 При совместном ослаблении шума экраном и поверхностью с травяным или снежным покровом действия этих двух факторов взаимосвязаны, и величину $\Delta L_{экр} + \Delta L_{пов}$ в формуле (10) следует заменить на $\Delta L_{экр\,пов}$, которую вычисляют по следующему правилу.

Для каждого из участков a_i, b_i определяют $\Delta L_{пов}$ согласно 7.3.3. Затем величину $\Delta L_{повi}$, равную $\Delta L_{пова\,i} + \Delta L_{повb\,i}$, на пути складывают арифметически с величиной $\Delta L_{экрi}$ определенной по формуле (13). В заключение полученные снижения уровней шума на каждом из трех путей суммируются (14) [логарифмически по формуле (14) [1].

Если при проектировании экрана не учитывалось уже имеющееся затухание $\Delta L_{пов}$, то реальное снижение шума построенным экраном может оказаться на 4-5 дБ ниже ожидаемого, а в некоторых случаях шум может даже возрасти.

7.3.5 При распространении звука над поверхностью земли дополнительное снижение уровня $\Delta L_{пов}$, дБ, определяется в соответствии с 7.3.3.

При ориентировочных расчетах снижение уровня звука над поверхностью, поросшей травой или покрытой снегом $\Delta L_{Апов}$, дБА допустимо определять по формуле

$$\Delta L_{Апов} = 9{,}2 \lg r - 17 + 0{,}4\,(20 - 12 \lg (H_{р.т} \cdot H_{и.ш}))\cdot(0{,}6 \lg r - 0{,}7), \quad (16)$$

где $H_{р.т}$ — высота расчетной точки, м; $H_{и.ш}$ — высота источника шума, м.

7.3.6 Дополнительное снижение шума $\Delta L_{пог}$, обусловленное погодными условиями, определяют по формуле

$$\Delta L_{пог} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot r^2}{1 + 1{,}6 \cdot 10^{-5} r^2} \quad (17)$$

7.3.7 Для учета влияния снижения звука лесополосами при расчете уровней звукового давления используют коэффициенты, представленные в таблице 3, где $\beta_{азел}$ – коэффициент ослабления звука полосами зеленых насаждений на 1 м ширины лесопосадки.

Таблица 10 — **Коэффициент учета влияния снижения звука лесополосами**

Вид лесопосадки	$\beta_{азел}$
Для декоративных лесополос с густой крупной листвой	0,08 дБА/м
Для плотных лесополос	0,25 дБА/м
Для специальных шумозащитных лесополос с плотным смыканием крон деревьев	0,4 дБА/м
Примечание — В качестве среднего значения для различных лесополос $\beta_{азел}$ = 0,08 дБА/м.	

При расчете в октавных полосах частот следует использовать коэффициент $\beta_{зел}(f_i)$, который определяют по формуле:

$$\beta_{зел} = \beta_{азел} \left(\sqrt[3]{\frac{f}{8}} \right) \quad (18)$$

Вычисление поправок, учитывающих влияние земных насаждений $\Delta L_{зел}$, дБ, вычисляют по формуле

$$\Delta L_{зел} = \beta_{зел} \cdot r \quad (19)$$

8 Расчет требуемого снижения шума

8.1 Расчет требуемого снижения шума на территории организации

Требуемое снижение уровней шума в октавных полосах частот (в уровнях звука) ΔL, дБ (дБА), следует определять для каждой расчетной точки по формуле

$$\Delta L = L - L_{ПС\text{-}75}, \quad (20)$$

где L — расчетный уровень шума, дБ;

$L_{ПС\text{-}75}$ — предельно допустимый спектр шума (ПС-75), дБ.

8.2 Расчет требуемого снижения шума в изолируемом помещении

Октавные уровни звукового давления в расчетной точке вычисляют по формулам:

$$L_i = L_{p_{ст}} - \Delta L_{p_i} - 10 \lg B_и + 6, \quad (21)$$

$$\Delta L_{p_i} = 10 \lg B_ш - 10 \lg S_i + R_i, \quad (22)$$

где $L_{p_{сум}} = 10\lg\sum_{k=1}^{n}10^{0,1L_{pk}}$ — суммарный октавный уровень звуковой мощности, излучаемой всеми источниками, находящимися в рассматриваемом шумном помещении, дБ;

n — общее количество источников в рассматриваемом шумном помещении, граничащем с изолируемым;

$B_и$ и $B_ш$ — соответственно постоянные изолируемого и рассматриваемого помещений в данной октавной полосе частот, определяемые по таблице 6, м^2;

S_i — площадь рассматриваемого ограждения или элемента ограждения, через которое шум проникает в изолируемое помещение, дБ.

При определении AL_{ni} для расчетных точек в изолируемом помещении в общее количество n принимаемых в расчет источников входит число элементов ограждений, через которые шум проникает в изолируемое помещение, общее количество систем механической вентиляции, которые обслуживают рассматриваемое помещение, и "шумное" оборудование, установленное в помещении.

В общем количестве n не учитываются те источники, которые создают в расчетной точке уровни звукового давления ниже допустимых $L_{доп}$ на величину L_o в каждой октавной полосе, т.е. для которых выполняется соотношение

$$L_{доп} - L_i \geq \Delta L_o, \tag{23}$$

При этом величина ΔL_o зависит от количества малошумных источников m

$$\Delta L_o = 10\lg m + 6. \tag{24}$$

Требуемое снижение шума $L_{mp\Sigma}$, дБ, определяют по формуле

$$L_{mp\Sigma} = L_\Sigma - L_{доп} \tag{25}$$

8.3 Расчет требуемого снижения шума в замкнутых помещениях с шумным оборудованием

В замкнутых помещениях с шумным оборудованием (машинные залы, галерея нагнетателей) ожидаемые уровни звукового давления от всех источников на рабочих местах вычисляют по формуле

$$L_\Sigma = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{\Delta i\chi_i}{S_i} + \frac{4}{B_ш}\sum_{i=1}^{n}\Delta i\right), \tag{26}$$

где $\Delta i = 10^{0,1Lpi}$

L_{pi} — октавный уровень звуковой мощности, излучаемый i-м источником шума, дБ;

S_i — площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку для i-го источника, м^2;

χ_i — эмпирический поправочный коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля, определяемый по графику рисунка 1.

9. Порядок проектирования мероприятий по защите от шума КС

9.1 Основные мероприятия по снижению шума на КС:

1) снижение шума в источнике его возникновения;

2) установка глушителей на выхлопе и всасывании ГПА;

3) покрытие наиболее шумных агрегатов звукоизолирующими кожухами;

4) устройство звукоизолирующих кабин наблюдения, управления, отдыха и т.п.;

5) рациональная планировка территории КС, при которой объекты, требующие защиты от шума (административные здания, ремонтно-восстановительные службы и т.п.), максимально удалены от шумных установок, находящихся как на открытых площадках, так и в помещении;

6) рациональная поэтажная планировка зданий и размещение шумного оборудования в здании;

7) установка звукопоглощающих облицовок потолка и стен, подвеска кулис и штучных звукопоглотителей;

8) подбор звукопоглощающих ограждений, перекрытий, дверей и окон;

9) выгородка наиболее шумных агрегатов;

10) установка переносных акустических экранов, а также звукоизолирующих кожухов, шумопоглощающих покрытий на трубопроводы;

11) устройство виброизолированных фундаментов и амортизаторов под оборудование для предотвращения передачи вибрации строительным конструкциям;

12) применение вибродемпфирующих и виброизолирующих покрытий для вибрирующих

воздуховодов, металлических ходовых площадок, лестниц и других поверхностей;

13) использование индивидуальных средств защиты от шума.

Наиболее рациональным является снижение шума ГПА в источнике его возникновения. Однако для этого необходимо проводить глубокие исследования, изменять конструкцию и технологию изготовления агрегатов.

9.2 Для снижения шума, распространяющегося от КС на близлежащую территорию, не обходима установка глушителей шума на всасывании и выхлопе ГТУ. Эффект снижения шума определяется качеством звукопоглощающего материала, из которого сделан глушитель, его длиной и допустимыми аэродинамическими потерями.

9.3 Для снижения шума в помещениях КС необходима установка звукоизолирующих кожухов и звукоизолирующих кабин. Эффективность этого мероприятия зависит от герметичности кожуха, звукоизолирующей способности материала его стенок, достаточной изоляции кожуха от вибрирующих поверхностей здания и т.п.

9.4 Для снижения шума на территории КС и в зоне близлежащей жилой застройки требуется рациональная планировка территории КС. При этом достигается эффект от 5 до 7 дБ.

9.5 Для снижения шума в небольших помещениях, а также в удлиненных помещениях и помещениях с низкими потолками необходимо устройство звукопоглощающих облицовок потолка и степ, подвеска кулис и штучных звукопоглотителей. В результате достигается снижение шума на 2-4 дБ в непосредственной близости от агрегатов и на 6-8 дБ в остальных точках помещения. Целесообразны акустические облицовки в залах нагнетателей.

9.6 Для снижения шума в помещениях ГЩУ, во вспомогательных помещениях компрессорного цеха требуется подбор и установка звукоизолирующих ограждений, перекрытий, дверей и окон.

В компрессорном цехе рекомендуется использовать виброизолированные фундаменты и амортизаторы под агрегаты.

9.7 Для снижения шума в ремонтных зонах машинных залов КС необходима установка акустических экранов, полностью перегораживающих помещение.

9.8 В залах нагнетателей и в машинных залах, а также на территории КС необходимо оборудование трубопроводов кожухами и шумопоглощающими покрытиями.

В машинном зале требуется применение вибродемпфирующих и виброизолирующих покрытий для вибрирующих воздуховодов, металлических ходовых площадок (площадок обслуживания), лестниц.

9.9 Применение средств индивидуальной защиты работающими в машинных залах и в залах нагнетателей обязательно.

В таблице 11 приведены помещения КС, в которых необходимо внедрить мероприятия по защите от шума.

Таблица 11 — **Помещения КС и необходимые мероприятия по шумоглушению**

Мероприятия по снижению шума	Машинный зал	Зал нагнетателей	Главный щит управления	Подсобные помещения (раздевалки, мастерские, техкабинеты и т.д.)	Административный корпус	Территория КС и близлежащей жилой застройки
Планировочные требования при размещении: на генплане предприятия	-	-	-	+	+	+
в здании КС	+	+	+	-	-	-
Задание на уменьшение шума в источнике возникновения	+	+	-	-	-	-
Установка: глушителей шума на выхлопе и всасывании агрегатов	+	-	-	-	+	+

акустических облицовок, кулис, штучных звукопоглотителей	+	+	+	+	-	-
акустических экранов и выгородов	+	+	-	-	-	-
Подбор звукоизолирующих ограждений дверей и окон	+	+	-	-	-	-
Устройство звукоизолирующих кабин, пультов управления и т.п.	+	+	-	-	-	-
Применение индивидуальных средств защиты	+	+	-	-	-	-
Примечание — «Плюс». - применение целесообразно; «минус» — применение нецелесообразно.						

9.10 Защиту жилой застройки и территории КС от шума необходимо обеспечить рациональной с точки зрения акустики планировкой ГТО.

Машинный зал КС должен находиться на максимальном удалении от административного корпуса, производственных мастерских и т.д. Шахту выхлопа и ВЗК надлежит ориентировать в сторону, противоположную основному жилому массиву, таким образом, чтобы жалюзийные решетки камеры всасывания и шахта выхлопа располагались не в радиусе прямой видимости жилых и общественных зданий. Систему технологической обвязки трубопроводов следует размещать с противоположной от жилого массива стороны. Площадь двойного остекления корпуса компрессорного цеха должна быть минимальной. Внешние ограждающие конструкции, двери, ворота должны иметь повышенную звукоизоляцию.

При планировании компрессорного цеха следует предусмотреть такое внутреннее расположение, при котором все вспомогательные помещения, где должны работать люди, были бы изолированы от машинного зала. Главный щит управления следует размещать в отдельном помещении с двойным глухим остеклением проема между машинным залом и ГЩУ. При недостаточной герметичности остекления или одинарном остеклении уровень шума в помещениях ГЩУ может превысить ПДУ. Нагнетатели, характеризующиеся высоким уровнем дискретного шума, надлежит выносить в изолированное помещение.

Компоновка ГПА должна быть выполнена таким образом, чтобы площадь поверхностей, излучающих звуковую мощность в машинный зал, была минимальной.

Магистрали всасывания и выхлопа, а также вспомогательное оборудование ГТУ следует располагать ниже отметки площадки обслуживания, в перекрытии которой надлежит оставлять только самый необходимый минимум открытых проемов. На КС с центробежными нагнетателями рекомендуется компоновать оборудование следующим образом: редуктор или в машинном зале, или в зале нагнетателей, причем последний может быть одно- и двухэтажным. Если КС одноэтажная, то ее цеха могут иметь выход газопроводов: и подземный, и надземный.

Плотность размещения ГПА должна быть наименьшей, что позволит применять дополнительные средства для снижения шума — экраны или выгородки.

При выборе формы и объема помещений машинных залов следует отдавать предпочтение вытянутой форме и плоскому звукопоглощающему потолку минимально необходимой высоты. Снижение высоты помещения способствует повышению эффективности применения звукопоглощающих облицовок потолка. Эффект снижения шума в этом случае составляет от 5 до 6 дБ.

10 Расчет и типовые схемы средств снижения шума оборудования

10.1 Расчет и типовые схемы глушителей шума

10.1.1 Глушители шума ГТУ устанавливаются на выходах всасывающего тракта и выхлопного газохода в атмосферу. Глушители шума должны обеспечивать необходимое снижение уровня шума в требуемом диапазоне частот и иметь минимальное аэродинамическое сопротивление.

По принципу снижения уровней шума существующие конструкции глушителей шума потока газа можно разделить на несколько основных типов:

1)глушители абсорбционного типа с использованием специальных звукопоглощающих материалов;

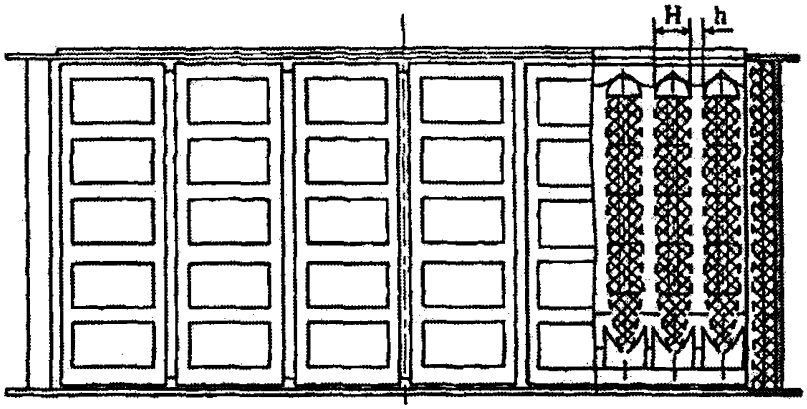
2)глушители реактивного типа с использованием конструкций, отражающих звуковые волны в потоке воздуха обратно к их источнику;

3)глушители резонансного типа;

4)комбинированные глушители сочетающие два (и более) принципа работы. Практическое применение для снижения шума ГТУ нашли следующие основные типы глушителей:

1) пластинчатые (щитовые) глушители, представляющие собой набор параллельно и равномерно расположенных в канале звукопоглощающих пластин (щитов), заполненных ЗПМ (рисунок 5);

2) трубчатые глушители, представляющие собой полностью облицованные каналы круглого, квадратного или прямоугольного сечения.



H = 200 мм, h = 100 мм

Рисунок 5 — Пластинчатый глушитель шума ГТУ

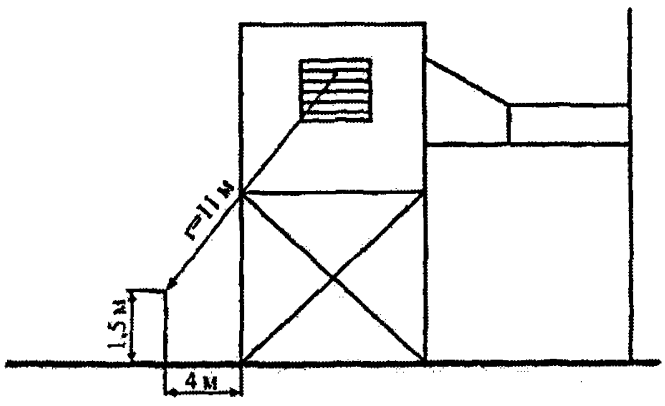


Рисунок 6 — Схема для акустического расчета глушителей шума всасывания

10.1.2 Требуемая эффективность глушителя определяется как разность между расчетными уровнями звукового давления и требуемыми гигиеническими нормами. Расчетная точка располагается в зоне прямого звука (рисунок 6).

Уровни звукового давления, создаваемые воздуховодом L_i, дБ, определяют по формуле

$$L_i = L_{P_i} - \Delta L_{P_i} - 20\lg\frac{r_i}{r_o} + 10\lg\frac{\Phi_i}{4\pi} - \frac{\beta_a r_i}{1000} \qquad (27)$$

Где r_i — расстояние от поверхности канала до расчетной точки, м;

r_0 = 1 м;

Φ_i — фактор направленности излучения;

β_{α} — затухание звука в атмосфере, дБ/км (таблица 8);

L_{pi} — уровень звуковой мощности источника шума, дБ, вычисляемый по формуле

$$\Delta L_{p_i} = \Delta L'_{p_i} - 10\lg\frac{S_{кан}}{S} + ЗИ_{кан} - 10\lg\left(1+10^{-0.1\cdot\Delta L_i}\right)+3 \qquad (28)$$

где $\Delta L'_{p_i}$ — снижение уровня звуковой мощности по пути распространения звука между источником и начальным сечением участка канала, излучающего шум в атмосферу, дБ;

$ЗИ_{кан}$ — звукоизолирующая способность стенок канала, дБ;

ΔL_i — снижение шума на рассматриваемом участке, излучающем шум в атмосферу, дБ;

$S_{кан}$ — площадь сечения канала, м^2;

$S_0 = 1$ м^2

Уровни звукового давления ΔL_{p_i}, дБ, создаваемые выхлопом ТТУ, определяются по формуле

$$L_{p_i} = \Delta L_p - 20\lg\frac{r_i}{r_a} + 10\lg\frac{\Phi_i}{4\pi} - \frac{\beta_a r_i}{1000} - \sum\Delta L_m \qquad (29)$$

где L_p — октавный уровень звуковой мощности выхлопа;

r_i — расстояние между свечой выхлопа и расчетной точкой, м (10 м);

Φ_i — фактор направленности излучения звука (при отсутствии специальных данных $\Phi_i = 2$);

$\Sigma\Delta L_m$ суммарное снижение звуковой мощности в тракте выхлопа (в поворотах, в канале при резком расширении и т.д.). ДБ.

Октавный уровень звуковой мощности выхлопа L_p, определяется по результатам измерений или по аналогии с однотипным оборудованием.

Требуемое снижение шума ΔL, дБ, определяется по формуле

$$\Delta L = L_i - L_{доп} \qquad (30)$$

где L_i — уровень звукового давления, дБ;

$L_{доп}$ — допустимый по ГОСТ 12.1.003 уровень звукового давления, дБ.

10.1.3 Параметрами пластинчатого глушителя, от которых зависят его акустическая эффективность и гидравлическое сопротивление, являются:

- толщина пластины H, мм;
- шаг пластины (величина просвета между пластинами) h, мм;
- относительное свободное сечение $F_{св} = \frac{h}{h+H}100\%$;
- рабочая длина пластины l, м.

Длину l в м и свободное сечение глушителей следует выбирать по таблице Б.1 (приложение Б) такими, чтобы снижение октавных уровней звукового давления в расчетной точке было не ниже требуемого по акустическому расчету.

Требуемая площадь свободного сечения глушителя $F_{св}$, м^2, определяется из соотношения

$$F_{св} > \frac{Q}{v_{доп}} \qquad (31)$$

где Q — расход воздуха или газовоздушной смеси, протекающей через глушитель, м^3/с;

$v_{доп}$ — допустимая скорость воздуха или газовоздушной смеси в глушителе, м/с.

10.1.4 Трубчатые глушители следует применять для снижения шума, распространяющегося по каналам газотурбинных установок.

Максимально возможную эффективность трубчатого глушителя $\Delta L_{эф}$, дБ (без учета влияния обходных путей для звука), вычисляют по формуле

$$\Delta L_{эф} = \Delta L_i \cdot l + \delta, \qquad (32)$$

где ΔL_i — затухание низшей звуковой волны в глушителе на длине 1 м, дБ/м (таблица Б.2);

l — длина глушителя, м;

δ — поправка на диффузность звукового поля в глушителе, дБ.

Поправка на диффузность звукового поля в глушителе определяется по графику (рисунок 7) в зависимости от отношения $\sqrt{F}/\lambda$, (F — внутренняя площадь канала в трубчатом глушителе, м^2; λ — длина звуковой волны в газовоздушной среде, протекающей через глушитель, м).

Длина звуковой волны определяется по формуле

$$\lambda = \frac{c}{f}, \qquad (33)$$

где c — скорость звука в газовоздушной среде, определяемая по графику (рисунок 8), в зависимости от температуры, м/с;

f — среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.

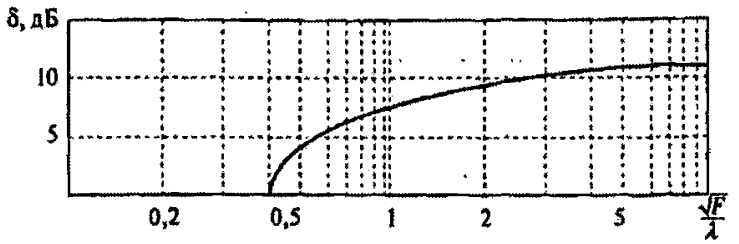


Рисунок 7 — Поправка на диффузность звукового поля

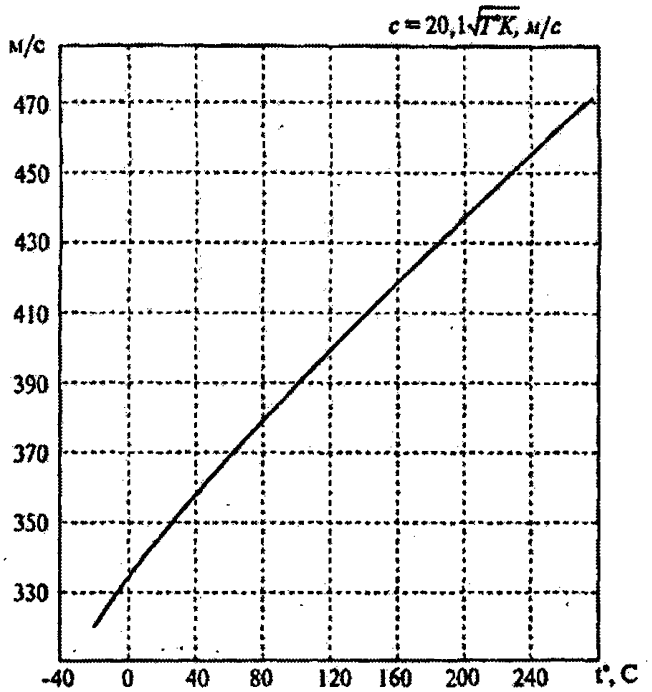


Рисунок 8 — Зависимость скорости звука от температуры газовоздушной среды

10.2 Глушитель шума ГМК

Спектр шума выхлопа ГМК является дискретным и характеризуется интенсивными низкочастотными составляющими. В связи с этим применение глушителей абсорбционного типа на выхлопе ГМК сопряжено с определенными трудностями. При устройстве глушителей этого типа необходимо применять сильно утолщенный ЗПМ, что обусловливает крупные габаритные размеры глушителя и значительный расход материалов.

Основной способ снижения низкочастотного шума выхлопа ГМК — отражение его с помощью расширительных камер, резонаторов Гельмгольца, резонаторного отростка и др., т.е. путем применения реактивных глушителей.

Выбор конструкции глушителя определяется необходимым его объемом, допускаемым гидравлическим сопротивлением и требуемым снижением шума. Объем глушителя $V_{гл}$, м^3, определяют из формулы

$$V_{гл} = \frac{V_{дв} K_{\delta}}{n} \sqrt{\frac{1}{z}}, \qquad (34)$$

где $V_{дв}$ — объем двигателя, м^3;

K_{δ} — фактор бесшумности работы, принимаемый равным 5 (минимальное шумозаглушение), 10 (среднее), 35 (хорошее), 50 (отличное);

z — число цилиндров.

Глушители рассчитываются на частоту резонанса $f_{огл}$, Гц, по формуле

$$f_{огл} = \frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{S_{огл}}{l_T V_{гл}}}, \qquad (35)$$

где c — скорость звука в воздушной среде, м/с;

$S_{огл} = \sqrt{S_{max} S_{min}}$ — среднее сечение впускного трубопровода, м^2;

l_T — длина впускного трубопровода, м;

$V_{гл}$ — объем глушителя, м^3.

При $f \geq \sqrt{2} f_{огл}$ происходит процесс шумоглушения. На частотах, при которых длина 1/2 или 1/4 звуковой волны совпадает с длиной глушителя или впускного трубопровода, происходит резкий спад шумоглушения. Уровень снижения шума возрастает по мере повышения частоты составляющих относительно значения $f_{огл}$, поэтому при проектировании глушителя следует уменьшать $f_{огл}$. Это достигается увеличением объема глушителя и длины впускного трубопровода, а также уменьшением площади его сечения. Размер поперечного сечения глушителя ограничивается предельно допустимой скоростью движения газа. Для повышения эффективности реактивных глушителей внутренний объем облицовывается ЗПМ.

Уровень снижения шума глушителем $\Delta L_{гл}$, дБ, с расширительной камерой (рисунок 9) вычисляют по формуле.

$$\Delta L_{гл} = 10\lg\left[1 + \frac{1}{4}\left(K - \frac{1}{K}\right)^2 \sin^2(k l_{гл})\right], \qquad (36)$$

где k — волновое число;

$l_{гл}$ — длина камеры глушителя;

K — коэффициент расширения.

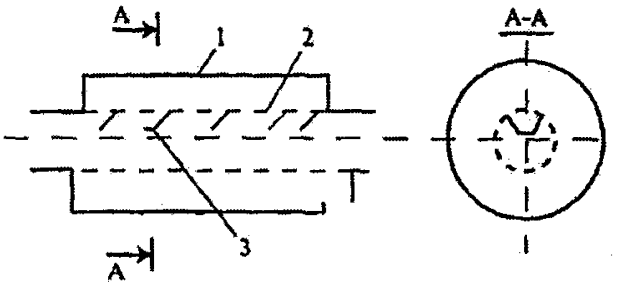


Рисунок 9 — Схема опытного глушителя шума выхлопа ГМК
1 — корпус; 2 — перфорированная труба; 3 — перегородки

Для приблизительной оценки $\Delta L_{гл}$ глушителем с элементами перфораций на частотах $f > \frac{c}{2d}$ (d — поперечный размер сечения глушителя) применяется формула

$$\Delta L_{гл} = 10\lg\frac{3 \cdot M\left(1 - F_{св}\right)}{F_{св}} \qquad (37)$$

где M — усредненное число Маха, $M = \frac{v}{c}$ (v —скорость потока газа, м/с);

$F_{св}$ — площадь свободного сечения перфорации, м^2.

10.3 Расчет и типовые схемы звукоизолирующих кожухов и покрытий

10.3.1 Одним из способов снижения шума агрегатов с газотурбинным приводом является устройство звукоизолирующих кожухов, полностью закрывающих наиболее шумные агрегаты. Существенное преимущество этого способа — возможность снижения шума на любую требуемую величину в расчетных точках, расположенных на рабочих местах работников. Кожухи могут быть съемными или разборными, иметь смотровые окна, открывающиеся дверцы, а также проемы для ввода различных коммуникаций. При этом все перечисленные выше элементы должны быть конструктивно выполнены таким образом, чтобы обеспечить такую же акустическую эффективность, как у сплошного герметичного кожуха.

По конструктивному исполнению звукоизолирующие кожухи подразделяются на:

1) съемные, полностью закрывающие источник шума;

2) разборные, закрывающие всю звукоактивную поверхность или только часть ее;

3) глухие, герметичные, не имеющие проходов для ввода коммуникаций, смотровых окон, дверей и т. д.;

4) негерметичные, с проходами для ввода коммуникаций, смотровыми окнами, дверями и т. д.

Основные требования к устройству и проектированию звукоизолирующих кожухов:

1) все элементы кожуха должны иметь одинаковую звукоизолирующую способность;

2) кожухи следует устанавливать на полу, на резиновых прокладках, так как в результате вибрации стенки кожуха могут послужить источниками структурного шума;

3) во всех случаях, когда на кожух могут передаваться вибрации от изолируемого источника шума, наружные стенки кожуха необходимо покрывать вибродемпфирующим материалом мастичного типа, толщина покрытия которого должна в 2-3 раза превышать стенки кожуха;

4) предусмотреть наличие зазора между поверхностью источника шума и стенкой кожуха;

5) в качестве конструкционного материала для изготовления кожухов рекомендуются сталь, дюралюминий и другие листовые материалы;

6) внутренняя поверхность стенок кожуха должна быть облицована звукопоглощающими материалами толщиной 30—50 мм.

Ограждающие поверхности кожуха (рисунок 10) состоят из металлического корпуса, звукопоглощающей облицовки, перфорированного листа. Кожух имеет отверстия для прохода воздуха, которые сделаны в виде щелевых глушителей. Со стороны забора воздуха установлен прямоугольный щелевой глушитель абсорбционного типа, а со стороны выброса воздуха — глушитель в виде узких концентрических колец, образованных звукопоглощающими элементами. Приводной вал проходит внутри цилиндрического глушителя абсорбционного типа. Эффективность всех предусмотренных глушителей равна звукоизолирующей способности кожуха.

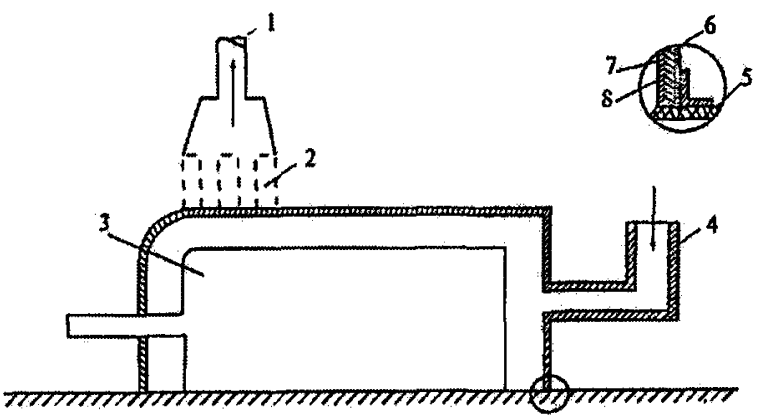


Рисунок 10 — Схема звукоизолирующего кожуха

1 — вентилятор; 2, 4 — цилиндрический и щелевой глушители; 3 — агрегат; 5 — резиновая прокладка; 6 — металлический лист; 7 — звукопоглощающий материал; 8 — перфорированный лист

Специфика работы ГТО обусловливает необходимость соблюдать следующие требования:

1) материал, из которого изготавливают кожухи, должен быть несгораемым;

2) звукоизолирующий кожух должен быть разборным, с унификацией составных элементов;

3) для получения значительного снижения шума кожухами следует оборудовать все агрегаты одновременно;

4) в связи с интенсивным выделением ГПА тепла необходим усиленный обдув закрытых кожухами агрегатов, что можно осуществить с помощью принудительной циркуляции, установив на воздуховоды вентиляционные глушители.

В связи с интенсивными тепловыделениями ГТУ при проектировании кожухов необходимо обеспечить циркуляцию воздуха через установку. При необходимости интенсивного обдува машин или агрегатов, закрытых кожухами, его рекомендуется осуществить устройством

принудительной циркуляции, установив на воздуховодах вентиляционные глушители.

При проектировании кожуха необходимо определить его требуемую акустическую эффективность.

Акустическая эффективность кожуха зависит от звукоизолирующей способности его стенок, размеров кожуха и источника шума, наличия звукопоглощающей облицовки под кожухом и способа установки кожуха.

Звукоизолирующая способность стенок кожуха определяется поверхностной плотностью, жесткостью, в сильной степени зависит от формы стенки (плоская или цилиндрическая) и ее размеров (линейные размеры одной грани или радиус цилиндрической стенки). Кроме того, звукоизолирующая способность меняется при нанесении на стенку кожуха слоя звукопоглощающего материала.

Звукоизолирующая способность стенки увеличивается нанесением на внутренние стенки кожуха слоя звукопоглощающего материала. Дополнительная звукоизолирующая способность стенки кожуха благодаря нанесению звукопоглощающего слоя зависит от размера границ кожуха.

10.3.2 Требуемая эффективность $\Delta L_{эф_{тр}}$, дБ, звукоизолирующего кожуха определяется по формулам

$$\Delta L_{эф_{тр}} = L - 10\lg S - L_{доп} + 5, \tag{38}$$

или

$$\Delta L_{эф_{тр}} = L_p - L_{P_{доп}} + 5, \tag{39}$$

где L_p — октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

S — площадь соображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей агрегат и проходящей через расчетную точку, м^2;

L — октавный уровень звукового давления в расчетной точке, дБ;

$L_{доп}$ — допустимый уровень звукового давления в расчетной точке, дБ.

Требуемая звукоизолирующая способность кожуха *ЗИ* рассчитывается в зависимости от требуемой эффективности кожуха $\Delta L_{эф_{тр}}$ по формуле

$$ЗИ_{тр} = \Delta L_{эф_{тр}} + 10\lg\frac{S_k}{S_{ист}},$$

где S_k — площадь поверхности кожуха, м^2;

$S_{ист}$ — площадь звукоактивной поверхности источника, м^2.

Звукоизолирующая способность стенки кожуха должна быть не менее требуемой звукоизолирующей способности кожуха.

10.4 Акустический расчет экранов

10.4.1 Экранами наиболее целесообразно отгораживать выведенный в ремонт агрегат от работающих. Экраны устанавливаются между источником шума и расчетной точкой, в которой необходимо снизить уровень шума. Таким образом, улучшаются условия труда ремонтного персонала.

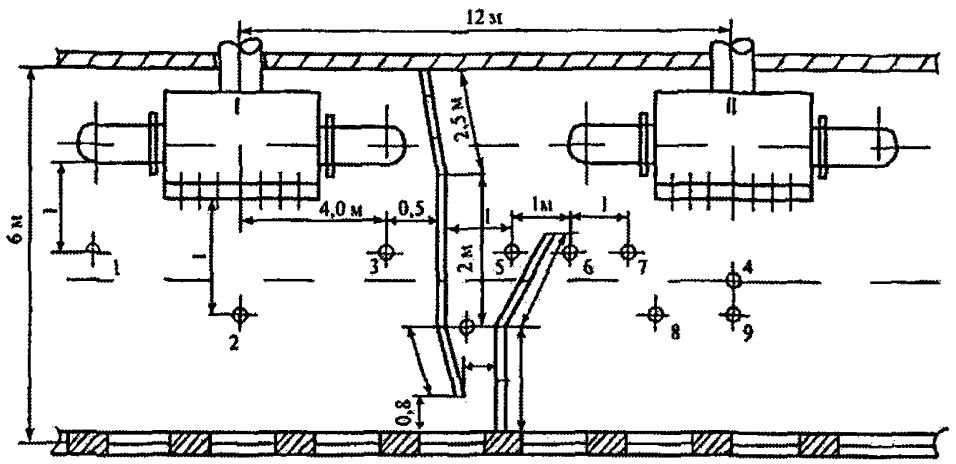
Экраны применяются в машинных залах КС и в галереях нагнетателей (рисунок 11).

Наиболее целесообразно применять экраны в тех случаях, когда в расчетной точке уровень звукового давления прямого звука от газоперекачивающего оборудования существенно выше, чем уровни звукового давления, создаваемые в той же точке соседними источниками и отраженным звуком.

Требования к конструкциям экранов, устанавливаемых при ремонтных работах на ГТО, определяются условиями их эксплуатации. При этом учитываются их назначение (для производственных помещений, установки на открытом воздухе), климатические условия окружающей среды, а главным образом шумовой режим зоны ремонта.

Конструкции акустических экранов должны отличаться простотой, быть удобными для монтажа и ремонта, надежными в эксплуатации. Оптимальным является модульный принцип конструкции.

Материалы экранов должны быть огнестойкими, прочными, а ЗПМ не должны крошиться.



I - работающий агрегат; II - ремонтируемый агрегат; 1-9 - точки измерения

Рисунок 11 — Схема размещения акустического экрана и точек измерения в галерее нагнетателей

10.4.2 Эффективность снижения шума определяется звукоизоляцией экрана и площадью зазора между его кромкой или стенами помещения. Результаты расчета по этой методике хорошо совпадают с результатами измерений. Октавные уровни звукового давления L_{pi}, дБ, в расчетных точках до установки экрана в помещении можно определить по формуле

$$L_{pi} = L_{pi} - 10\lg B + 10\lg\psi + 6 \quad (41)$$

где L_{pi} — октавный уровень звуковой мощности I-го источника шума — ГПА, дБ (определяется по результатам измерений или из паспорта оборудования);

B — постоянная машинного зала, м^2 (определяется по п. 7.1.3);

ψ — коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в машинном зале (рисунок 2).

Октавные уровни звукового давления L_p, дБ, в помещении перед экраном определяются по формуле

$$L_p = L_{pi} - 10\lg B_1 + 10\lg\psi_1 + 6 \quad (42)$$

где B_1 — постоянная части машинного зала перед экраном, м^2;

ψ_1 — коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в части машинного зала перед экраном.

Октавный уровень звуковой мощности шума L_{p2}, дБ, прошедшего через экран, определяется по формуле

$$L_{p2} = L'_{p2} + L''_{p2}, \quad (43)$$

где $L' + L''$ — октавные уровни звуковой мощности шума, прошедшего через стенку экрана и через зазор между экраном и ограждающими конструкциями соответственно.

$$L'_{p2} = L_p + 10\lg S' - R - \delta q, \quad (44)$$

где S' — площадь поверхности экрана, м^2;

R — *изоляция воздушного шума ограждающей конструкцией в октавной полосе частот*;

δq — поправка, равная 6 дБ.

$$L''_{p2} = L_p + 10\lg S'' - \delta q \quad (45)$$

S'' — площадь зазора между экраном и ограждающими конструкциями, м^2.

Уровни звукового давления в контрольных точках за экраном следует определять по формуле

$$L_{p2} = L_{pi} + 10\lg B_2 + 10\lg\psi_2 + 6, \quad (46)$$

B_2 — постоянная части машинного зала за экраном;

ψ_2 — коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля за экраном.

Снижение уровней шума ΔL_p, дБ, можно рассчитать по формуле

$$\Delta L_p = \Delta L_{p1} - \Delta L_{p2} \quad (47)$$

Рекомендации по увеличению эффективности акустического экрана:

1) необходимо увеличивать звукоизоляцию экрана (на частотах 125—4000 Гц звукоизоляция должна быть не менее 25-30 дБ);

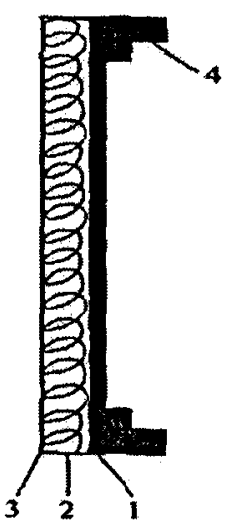
2) необходимо, если возможно, уменьшать зазор между кромкой экрана и потолком (площадь зазоров между кромкой экрана и потолком, а также между экраном и стеной не должна превышать 20 % от поверхности экрана);

3) в акустически обработанном помещении эффективность экрана на 6-8 дБ выше, чем в необработанном. При акустической обработке помещения звукопоглощающими материалами облицовывают потолок и 60 % площади поверхности стен либо подвешивают штучные поглотители шума.

Экраны рекомендуется изготавливать из стальных или алюминиевых листов толщиной 1,5-2 мм (таблица 12). Поверхность экрана, обращенную к источнику шума, необходимо покрывать звукопоглощающим материалом толщиной 50—80 мм. Для предотвращения выкрашивания на звукопоглощающий материал наносится защитное покрытие (стеклоткань или перфорированный металлический лист). По периметру экрана предусматривается профиль, придающий жесткость конструкции и представляющий собой опору для крепления перфорированного листа (рисунок 12).

Таблица 12 — **Звукоизоляция акустического экрана, дБ**

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Дюралевый лист толщиной, мм			Стальной лист толщиной 5 мм
	1	2	2*	
125	10	15	15	25
250	14	19	20	32
500	IS	23	28	35
1000	22	26	36	36
2000	25	31	43	32
4000	29	35	50	34
Примечание — * Лист облицован минераловатной плиткой толщиной 80 мм.				



1 — лист стальной или дюралевый толщиной 2 мм;
2 — звукопоглощающий материал (винипор) толщиной 50 мм;
3 — перфорированный лист или металлическая сетка;
4 – профиль
Рисунок 12 — Элементы акустического экрана

10.5 Звукоизоляция технологических трубопроводов

10.5.1 Наружный шум трубопроводов обусловлен в основном распространяющимся по потоку и проникающим через стенки трубопровода шумом работающих компрессора и нагнетателя, а также вибрацией, вызванной турбулентностью потока по всей системе.

Снижение уровня звуковой мощности вдоль трубопровода определяется из формулы

$$\Delta L_p = \Delta L_{p_{кан}} + 10\lg\left(\frac{S}{S_{кан}}\right) + ЗИ_{кан} - 10\lg\left(1+10^{-0.1\cdot V}\right) + 3 - \Delta L_{П} \qquad (48)$$

где $\Delta L_{p_{кан}}$ — суммарное снижение уровня звуковой мощности по пути распространения звука между источником шума и рассматриваемым участком трубопровода, дБ (определяется на основе экспериментальных данных);

$S_{кан}$ — площадь наружной поверхности трубопровода, через которую шум проникает в помещение, м^2;

S — площадь поперечного сечения канала, м^2;

$ЗИ_{кан}$ — звукоизолирующая способность стенок канала;

$\Delta L_{П}$ — поправка, учитывающая влияние характеристики звукового поля в канале (наличие косых волн, отражений и т.п.).

Снижение уровня звуковой мощности на пути распространения шума обусловлено: перераспределением звуковой мощности пропорционально площади сечения трубопровода; отражением звука от фасонных элементов трубопроводов (колен, тройников, решеток и др.); поглощением звуковой энергии в результате вязкого трения вблизи стенок и вибрации воздуховодов.

10.5.2 К основным способам борьбы с шумом на трубопроводах относятся увеличение потерь звуковой мощности и повышение звукоизолирующей способности трубопровода. Для увеличения потерь звуковой мощности необходимо устанавливать глушители, но их не всегда удается разместить в трубопроводе. Поэтому для борьбы с шумом трубопровода следует при менять усиление его звукоизолирующей способности.

10.5.3 Для снижения шума следует применять звукоизолирующие кожухи. Кожухи должны изготавливаться из малоуглеродистой кровельной или тонколистовой черной оцинкованной стали. Разрешается применять оцинкованную нержавеющую сталь и алюминий для изготовления кожухов, подвергающихся воздействию влаги.

10.5.4 При применении вибро- и звукопоглощающих конструкций для улучшения звукоизоляции трубопроводов следует учитывать следующие рекомендации:

1) применение вибропоглощающих мастик на частотах ниже 800—1000 Гц является неэффективным;

2) для достижения эффекта снижения вибрации и шума в широком диапазоне частот выше 1000 Гц рекомендуется применять однослойное покрытие мастикой;

3) для снижения шума в ограниченном частотном диапазоне рекомендуется применять армированное покрытие мастикой;

4) оптимальная толщина однослойного вибропоглощающего покрытия - 1,5-2 толщины стенки трубопровода;

5) для покрытия следует применять мастики с коэффициентом потерь не менее 0,4;

6) рекомендуются мастики, имеющие небольшие значения плотности и модуля Юнга;

7) с учетом особенностей излучения шума трубопроводами вибропоглощающие покрытия должны в первую очередь наноситься на вертикальные участки трубопроводов;

8) эффективность снижения шума трубопроводов с помощью кожухов, как правило, выше, чем с помощью вибропоглощающих покрытий (мастик);

9) конструкция кожуха должна состоять из слоя звукопоглощающего материала, нанесенного на трубопровод, и тонкого листового материала (сталь толщиной 1 мм). Толщина слоя ЗПМ должна быть не менее 5 мм. Увеличение толщины ЗПМ приводит к экспоненциальному росту эффекта снижения шума.

11 Мероприятия по защите от шума работников организаций

11.1 Способы защиты работников от шума регулирующих органов

Обслуживающий персонал от действия шума регуляторов давления необходимо защищать следующими способами:

1) удалением источника шума на расстояние, при котором уровень звукового давления не превышает допустимых значений;

2) изоляцией источника шума. Для защиты от шума регулирующих органов (РО) необходимо применять различные звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы, из которых изготовлены перегородки, экраны и кожухи. Для защиты от шума одного или группы РО следует ограждать рабочие места передвижными экранами. Регуляторы давления, создающие сильный шум, требуется заключать в кожухи, изготовленные из листовых материалов, а с внутренней стороны ЗПМ.

3) применением глушителей и диффузоров.

11.2 *Строительно-планировочные мероприятия по снижению шума*

11.2.1 Основные требования к акустическим облицовкам:

1) эффективность снижения шума в диапазоне частот от 125 до 4000 Гц должна составлять от 5 до 8 дБ и быть максимальной в диапазоне частот от 500 до 4000 Гц;

2) конструкция не должна терять своих акустических качеств при следующих параметрах *микроклимата: температура 50 °С; влажность воздуха до 60 %; скорость воздуха до 2 м/с.*

11.2.2 Условия эксплуатации КС определяют необходимость выполнения следующих требований пожарной безопасности:

1) звукопоглощающий материал при нагревании не должен выделять отравляющих веществ;

2) конструкция облицовки не должна гореть или выделять при нагревании вещества, поддерживающие горение.

11.2.3 Звукопоглощающие материалы облицовок не должны крошиться, пылить; конструкция облицовок должна предусматривать возможность влажной уборки ее поверхностей. Конструкция акустических облицовок должна иметь технологичное крепление к ограждающим поверхностям, собираться из отдельных унифицированных модулей, предусматривать возможность доступа к технологическим коммуникациям.

11.2.4 По конструктивным особенностям существующие звукопоглощающие строительные конструкции разделяются на следующие основные типы:

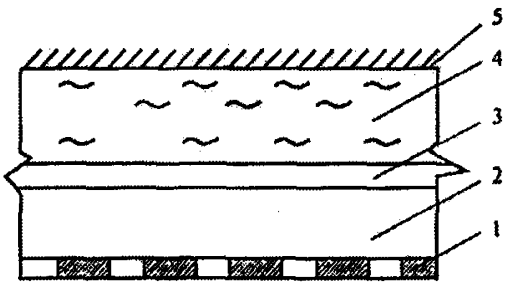
1) облицовки из слоистых однородных звукопоглощающих материалов;

2) звукопоглощающие облицовки из пористых материалов с перфорированным покрытием (рисунок 13);

3) многослойные звукопоглощающие облицовки;

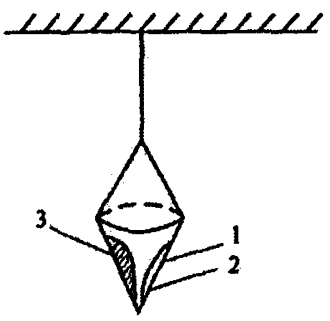
4) штучные поглотители (рисунок 14);

5) клиновые поглотители.



1 - перфорированный экран; 2 - воздушный промежуток;
3 — защитная пленка (или стеклоткань);
4 — пористый материал (минерале- и стекловатные маты, зернопористый поролон);
5 — поверхность стены (или потолка)

Рисунок 13 — Звукопоглощающая облицовка



1 — перфорация; 2 — оболочка; 3 — звукопоглощающий материал

Рисунок 14 — Штучный звукопоглотитель

11.2.5 Звукопоглощающие конструкции крепятся непосредственно к поверхности стен с помощью шурупов, гвоздей либо клеящих мастик или на некотором расстоянии от них, а также к потолку — с помощью специальных подвесок или уголков. Звукопоглощающие облицовки рекомендуется монтировать после окончания всех отделочных работ в машинных залах.

11.2.6 При выборе числа и размеров отверстий перфорированного экрана звукопоглощающих облицовок из пористых материалов с перфорированным покрытием необходимо, чтобы коэффициент перфорации (отношение площади поверхности отверстий к площади экрана) был не менее 20 %. Отверстия не должны быть слишком мелкими. Шаг между отверстиями выбирается в ходе экспериментальных исследований таким образом, чтобы частотная характеристика звукопоглощения наиболее точно соответствовала характеру спектра шума в помещении.

11.2.7 Для повышения пожарной безопасности звукопоглощающий материал необходимо пропитывать специальным противопожарным составом [3], не ухудшающим акустические качества материала.

11.2.8 В помещениях КС, имеющих большую площадь, рекомендуется применять штучные звукопоглощающие конструкции в виде отдельных щитов, конусов, призм, шаров и т.д., подвешиваемых к потолкам шумных помещений (рисунок 14).

11.2.9 Эффективность облицовки ΔL, дБ, после акустической обработки по времени реверберации определяется по формуле

$$\Delta L = 10 \lg \left(\frac{T_1}{T_2} \right), \tag{49}$$

где T_1 — время реверберации после акустической обработки помещения, с;

T_2 — время реверберации до акустической обработки помещения, с.

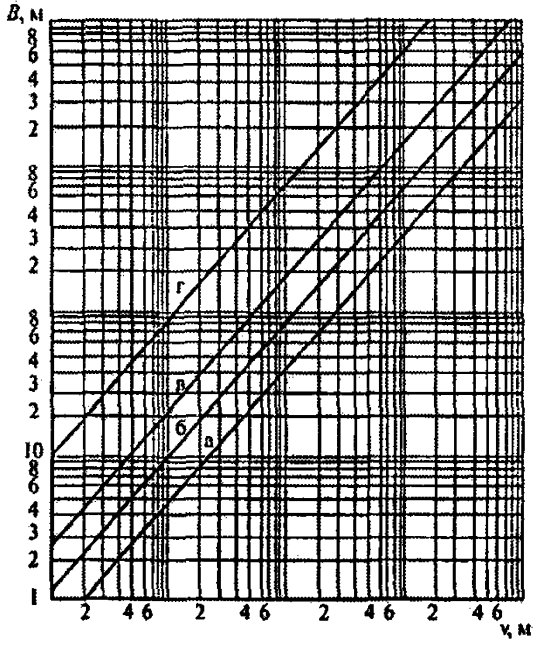
На основании измеренного времени реверберации для разных помещений для определения постоянной помещения В рекомендуется использовать номограмму (рисунок 15).

11.2.10 Акустическая обработка помещений целесообразна в тех случаях, когда без нее средний коэффициент звукопоглощения в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц не превышает 0,25. Средний коэффициент звукопоглощения определяют по формуле

$$\alpha = A / S \tag{50}$$

где S — суммарная площадь ограждающих конструкций помещений, м^2;

A — эквивалентная площадь звукопоглощения, м^2.



а — помещения без мебели; б — помещения с жесткой мебелью; в — помещения с мягкой мебелью; г — помещения со звукопоглощающей облицовкой

Рисунок 15 - Зависимость постоянной помещения B_{1000} от его объема V

11.2.11 Эффективность применения звукопоглощающих облицовок необходимо определять до внедрения мероприятий по снижению шума. Для этого по постоянной помещения B для каждой октавной полосы вычисляется эквивалентная площадь звукопоглощения A, которая представляет собой площадь поверхности в помещении с коэффициентом звукопоглощения, равным 1

$$A = \frac{B \cdot S}{(B + S)} \tag{51}$$

Постоянная помещения В определяется умножением постоянной помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц (B_{1000}) на частотный множитель μ ($B = B_{1m}$ μ). Постоянная B_{1000} определяется из таблицы 6 или по рисунку 15. Выбор индекса прямых а-г (рисунок 15) при пользовании графиком осуществляется по таблице 13. Значения частотного множителя μ приведены в таблице 7.

Таблица 13 — **Выбор индекса для определения B_{1000}**

Характеристика помещения	Индекс прямой на рисунке 15
Без мебели, с небольшим количеством людей (ВЗК, машинные залы, залы нагнетателей и т.п.)	а
С жесткой мебелью или небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, ремонтные мастерские, кабинеты и т.п.)	б
С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения административных зданий, конструкторские залы)	в
Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	г

Прямая с индексом г применяется только при расчете требуемой звукоизолирующей способности ограждающих конструкций.

Средний коэффициент звукопоглощения определяется по формуле

$$\alpha = \frac{B}{B + S} \tag{52}$$

Постоянная помещения B_1 в акустически обработанном помещении определяется по формуле

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_{ср1}} \tag{53}$$

где $A_1 = \alpha_{ср} (S - S_{обл})$ — эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностями без звукопоглощающей облицовки;

$\alpha_{ср}$ — средний коэффициент звукопоглощения акустически обработанного помещения, определяемый соотношением

$$\alpha_{ср1} = \frac{A_1 + \Delta A}{S} \tag{54}$$

где ΔA — суммарное добавочное эквивалентное поглощение, вносимое конструкцией звукопоглощающей облицовки или штучными звукопоглотителями, м^2.

$$\Delta A = \alpha_{обл} \cdot S_{обл} + A_{шт} \cdot n, \tag{55}$$

где $\alpha_{обл}$ — реверберационный коэффициент звукопоглощения конструкции облицовки;

$S_{обл}$ — площадь этой конструкции, м^2.

Снижение уровней звукового давления для помещений определяется только в зоне отраженного звука

$$\Delta L = 10 \lg\left(\frac{B_1}{B}\right). \tag{56}$$

11.2.12 Акустическую обработку следует проектировать на основании предварительного определения требуемого снижения уровня шума в каждой октавной полосе. По формулам требуемого уровня снижения шума ΔL определяется суммарное добавочное звукопоглощение ΔA. *Затем, после выбора звукопоглощающей конструкции с необходимым коэффициентом* звукопоглощения α_1 рассчитывается площадь этой конструкции и число штучных звукопоглотителей.

11.3 Звукоизолирующие кабины и пульты управления

11.3.1 Для защиты от шума работников машинных залов КС требуется установить кабины наблюдения и дистанционного управления (рисунок 16).

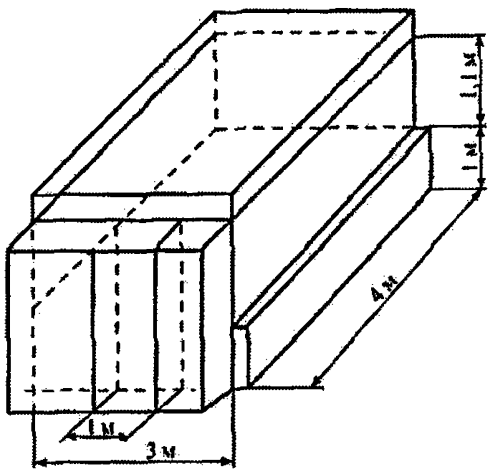


Рисунок 16 — Общий вид кабины наблюдения

Основное требование к материалам кабин - необходимость обеспечить максимальную изоляцию в широком диапазоне частот.

Кабины и посты управления должны изготавливаться из кирпича, бетона, шлакобетона и подобных материалов, а также сборными из металлических панелей.

Выбор конкретного материала для изготовления кабины определяется сравнением фактической звукоизоляции кабины из того или иного материала с требуемым значением звукоизоляции.

Требуемая звукоизолирующая способность $ЗИ_{тр}$ кабины рассчитывается по формуле

$$ЗИ_{тр} = L_{p_ф} - L_{p_{доп}} - 10\lg B_и + 10\lg S_i + 10\lg m, \quad (57)$$

где $L_{p_{доп}}$ — допускаемый по санитарным нормам октавный уровень звукового давления, дБ;

$L_{p_ф}$ — средний октавный уровень звукового давления в шумном помещении, дБ;

$B_и$ — постоянная изолируемого помещения в заданной октавной полосе частот, м^3;

S_i — площадь рассматриваемого ограждения или его элементы, через которые шум проникает в изолируемое помещение, м^2;

m — число разнотипных ограждающих конструкций, через которые шум проникает в изолируемые помещения.

При выборе ограждений подходящей считается та конструкция, звукоизолирующая способность которой в каждой частотной полосе ниже требуемой. Допускается превышение требуемой по расчету звукоизолирующей способности, но не более 3 дБ и только в одной октавной полосе.

Без дополнительных звукоизолирующих конструкций и звукопоглощающих материалов кабины управления в соответствии с расчетной требуемой звукоизоляцией должны представлять собой ограждение либо в виде кирпичной кладки в один кирпич, оштукатуренной с двух сторон, либо в виде железобетонных плит толщиной 100 мм.

Для ограждений из кирпича требуется дверь повышенной звукоизоляции. В качестве оконных проемов требуемой звукоизоляции необходимо использовать стеклопакеты, собранные из трех слоев силикатного стекла общей толщиной 60 мм и одного слоя органического стекла толщиной 18 мм с воздушным промежутком между силикатным и органическим стеклами в 200 мм. Одновременное их использование улучшает звукоизоляцию. Эффективность данной звукоизоляции представлена в таблице 14.

Таблица 14 — **Эффективность звукоизоляции**

Показатель	Звукоизоляция (дБ) при октавной полосе частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кладка кирпичная в один кирпич	36	41	44	51	58	64	65	65
Железобетоная плита толщиной 100 мм	34	40	40	44	56	55	60	60
Стеклопакет толщиной 278 мм	33	40	47	55	63	70	70	70

11.3.2 Общие требования звукоизоляции кабины наблюдения: окна кабины должны быть герметизированы, двери — иметь повышенную звукоизолирующую способность, внутренние поверхности кабины (стены, потолок, пол) при необходимости должны быть облицованы звукоизолирующим материалом.

В качестве облицовочного материала для конструкции кабины (рисунок 17) необходимо использовать звукопоглощающий материал с высоким коэффициентом звукопоглощения в области высоких частот, например маты из супертонкого базальтового волокна с защитной оболочкой из стеклоткани и перфорированного покрытия — алюминиевой перфорированной панели. Толщина мата h = 40 мм, средняя плотность 25 кг/м^3. Уровни снижения звукового давления ΔL для этого материала представлены в таблице 15. С учетом этих общих требований, а также требований, включающих установку дополнительных звукоизолирующих конструкций — резонаторов и звукопоглощающих покрытий, необходимо обеспечить, чтобы суммарная звукоизоляция кабины была бы выше требуемой звукоизоляции, полученной расчетным путем.

В таблице 15 также приведены значения звукоизоляции $R6$ стальных панелей толщиной 2 мм с ребрами жесткости, а также величины снижения уровней шума в резонаторе ΔL_p и в звукопоглощающем покрытии ΔL и для сравнения приведены значения требуемой звукоизоляции, $ЗИ_{тр}$.

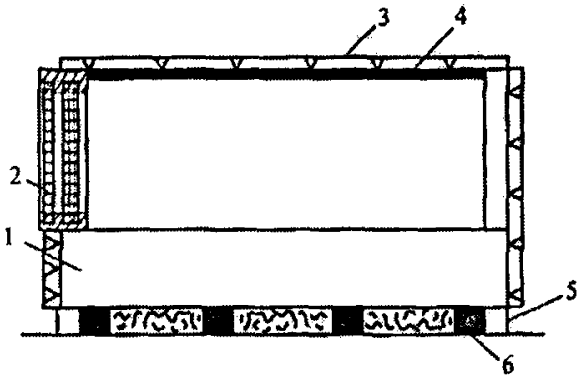


Рисунок 17 — Конструкция кабины наблюдения

1 — боковая стенка из листа толщиной 2 мм; 2 — стеклоблок из трех силикатных стекол 60 мм, органического стекла 18 мм и зазором 200 мм; 3 — резонаторы; 4 — звукопоглощающее покрытие; 5 — минеральная вата; 6 — резиновые амортизирующие бруски 100х100

Таблица 15 — **Параметры эффективности звукоизоляции**

Показатель, дБ	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	16	20	24	28	32	36	35	33
	11	23	29	31	34	38	33	24
	4,7	7,1	13,9	13,1	13,2	11,7	10,6	6,3
	32,4	42,7	38,6	41,0	46,5	53	51,1	39,9

11.4 Рекомендации по применению средств индивидуальной защиты органов слуха

11.4.1 Средства индивидуальной защиты от шума необходимо применять, когда снижение шума в результате внедрения общетехнических мероприятий затруднительно или экономически нецелесообразно. Различают три основных типа противошумов:

1) наушники, закрывающие ушную раковину;

2) вкладыши, перекрывающие наружный слуховой канал;

3) шлемы, закрывающие часть головы и ушную раковину.

Защитные свойства средств индивидуальной защиты органов определяются из показателей таблицы 16.

Таблица 16 — **Защитные свойства средств индивидуальной защиты органов**

Тип	Группа	Уменьшение шума, дБ, в полосах частот, Гц не менее							Масса не более	Сила прижатия не более, кг
		125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Наушники	А	12	15	20	25	30	35	35	0,35	8
	Б	5	7	15	20	25	30	30	0,28	5
	В	-	-	5	15	20	25	25	0,15	4
Вкладыши	А	10	12	15	17	25	30	30	-	-
	Б	5	7	10	12	20	25	25	-	-
	В	5	5	5	7	15	20	20	-	-
Шлем		17	20	25	30	35	40	40	0,85	-

11.4.2 Подбор средств индивидуальной защиты органов слуха производится по формуле

$$L_i - \left(L_{э_i} + L\right) \le L_{доп_i}, \qquad (65)$$

где L_i — уровень шума на рабочем месте, дБ;

$L_{э_i}$ — эффективность средства индивидуальной защиты органов слуха на конкретный его вид (уменьшение шума), дБ;

L — поправка на надежность защиты;

$L_{доп_i}$ — допустимый уровень шума по санитарным нормам, дБ.

11.4.3 В настоящее время в ОАО "Газпром" используются средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума, которые основаны только на принципе механической защиты, обеспечивая поглощение и рассеяние действующего шума (таблица 17). Такие СИЗ практически достигли своих предельных возможностей (вследствие ограниченности физических защитных свойств композиционных материалов, весовых и габаритных характеристик шлемов и оголовий) по степени подавления звуковой волны, особенно в области низких частот звукового спектра (менее 1 кГц), где их эффективность остается достаточно слабой (таблица 18).

Таблица 17 — **Средства индивидуальной защиты от шума, используемые в ОАО «Газпром»**

Тип СИЗ	Описание
Противошумные наушники	
СОМЗ-1	Противошумные наушники СОМЗ-1 предназначены для рабочих, подвергающихся воздействию средне- и высокочастотного шума с уровнем до 105-110 дБ. Наушники состоят из оголовья и корпусов. Температура эксплуатации наушников от минус 50 °С до плюс 40 °С. Масса наушников (в комплекте) — 130 г.
ККА	Противошумные наушники ККА предназначены для рабочих, подвергающихся воздействию средне- и высокочастотного шума с уровнем до 110-115 дБ. Противошумы состоят из оголовья и собственно наушников. Оголовье состоит из двух идентичных скоб, вставляемых друг в друга. Относительное перемещение скоб дает возможность плавной регулировки усилия прижатия наушников. Температура эксплуатации наушников от минус 50 °С до плюс 40 °С. Масса наушников (в комплекте) - 170 г.
СИЛЕНТА УНИВЕРСАЛ	Универсальные шумозащитные наушники, подходящие по своим размерам для любого пользователя, т.к. практически любое ухо свободно помещается внутри корпуса наушника. Наушники рассчитаны на тяжелые условия работы. Масса наушников - 170 г.
СИЛЕНТА СУПЕР	Прочные и высокоэффективные наушники, рассчитанные на защиту от интенсивного шума, например при обслуживании газотурбинных

	установок, выполнении взрывных работ и т.д. Масса наушников - 250 г.
СИЛЕНТА МИЛ	Компактные и легкие наушники, обеспечивающие хорошую защиту от средне- и высокочастотного шума. Масса наушников - 150 г.
Противошумные наушники с креплением на защитную каску	
СИЛЕНТА УНИКАП	Наушники "СИЛЕНТА УНИВЕРСАЛ" с узлом крепления к защитной каске вместо оголовья. Масса наушников с узлами крепления — 175 г (без каски).
СИЛЕНТА СУПЕРКАП	Наушники "СИЛЕНТА СУПЕР" с узлом крепления к защитной каске. Подходят для большинства стандартных касок. Масса наушников с узлами крепления (без каски) — 230 г.
Противошумные вкладыши	
Грибок	Вкладыши предназначены для защиты органов слуха от вредного воздействия производственного и бытового шума. Их отличают удобство применения, эстетичность. Использование — многоразовое. Масса вкладышей — 1,5 кг.
Беруши (Россия)	Вкладыши одноразового пользования, предназначены для защиты от широкополосного производственного шума с уровнем до 105 дБ. Выпускаются в виде пластинок размером 40х40 и толщиной 1,4 мм. Масса — 0,4 г.
Беруши (3М)	Вкладыши изготавливаются из специального материала, восстанавливающего свою форму после сжатия в течение примерно 1 минуты.

Таблица 18 — **Акустическая эффективность наушников**

Тип противошума	Акустическая эффективность, дБ, в полоса со среднегеометрическими частотами, Гц						
	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Противошумные наушники СОМЗ-1, Россия, АО "ОлиЗО"	5	10	16	22	29	33	32
ККК Эстония, ПО "Салво"	7	11	16	23	32	35	34
СИЛЕНТА УНИВЕРСАЛ, Финляндия, АО "Кемира"	10	14	22	33	32	38	32
СИЛЕНТА СУПЕР, Финляндия, АО "Кемира"	20	25	27	37	35	37	35
СИЛЕНТА МИЛ, Финляндия, АО "Кемира"	11	12	17	27	30	40	35
Наушники фирмы 3М Мод. 1435 (стандарт)	8	14	19	27	25	31	29
Мод. 1440 (повышенный комфорт)	8	17	23	26	30	34	35

12 Рекомендации по применению звукоизолирующих материалов и изделий в звукоизолирующих и звукопоглощающих конструкциях

12.1 Для повышения долговечности элементов глушения шума ГПА необходимо обеспечивать организационно-технические мероприятия.

На стадии проектирования: обеспечить ремонтопригодность конструкции (приспособленность поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта, в частности путем замены ЗПМ.

На стадии эксплуатации: регламентация контроля состояния и технического обслуживания средств шумоглушения.

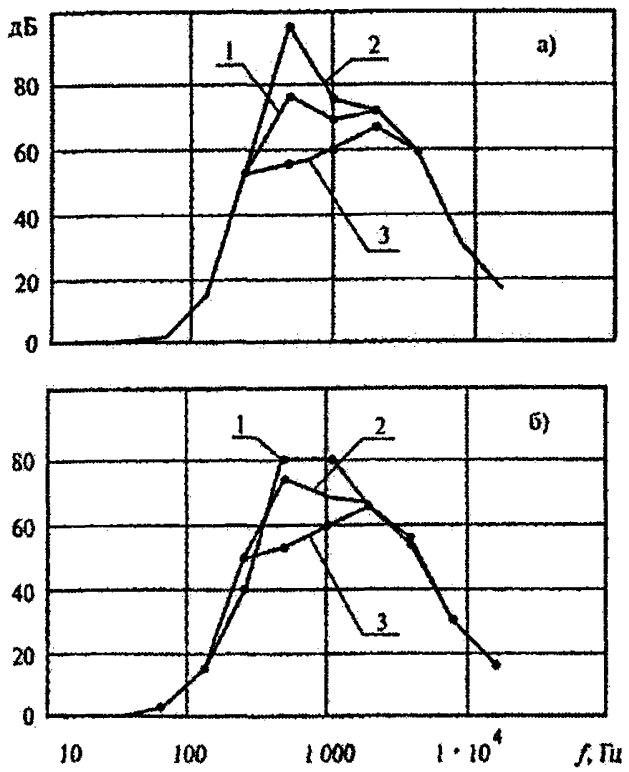
12.2 Для повышения долговечности в пластинчатом глушителе шума ГТУ необходимо ограничить скорость потока значениями 30—50 м/с. Такие уровни скоростей должны обеспечиваться за счет выбора достаточных поперечных габаритов, организации равномерного потока на входе, аэродинамического совершенствования входных обтекателей пластин. Для снижения тепловых и физикотхимических воздействий в выхлопном тракте целесообразно размещение смесителя в зоне выходного сечения за системами регенерации тепла выхлопных газов. Соответственно, во всасывающем тракте шумоглушитель должен размещаться как можно дальше от входного сопла, за системами очистки и подогрева воздуха.

12.3 Рекомендуется для повышения долговечности проводить модернизацию конструкции шумоглушителей. Соответствующие мероприятия должны включать выполнение защиты от воздействия рабочей среды на волокна ЗПМ путем: уплотнения защитной ткани; уменьшения степени перфорации экрана звукопоглощающей облицовки; увеличения характерных размеров волокон и плотности (рисунок 18). Для уменьшения динамического воздействия рабочей среды необходимо снижение характерного скоростного напора путем увеличения относительного свободного сечения между элементами шумоглушения.

12.4 Не рекомендуется применение в глушителях шума ЗПМ с плотностью более 70-80 кг/м^3.

12.5 Для типовых шумоглушителей ГПА в целях увеличения долговечности допустимо использование тканей с увеличенным сопротивлением продуванию до 250—300 Па·с/м. Коэффициент перфорации защитного перфорированного экрана может быть при необходимости снижен до 10-15 % (рисунок 19).

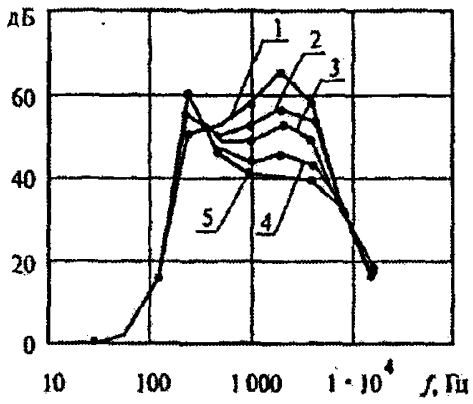
12.6 Не рекомендуется задавать относительный просвет между пластинами при заданных габаритах глушителя более 55-60 % (рисунок 20).



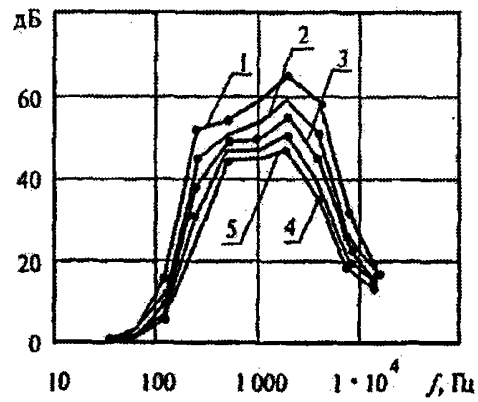
а) сотовая набивка; б) слоистая набивка

Базовая конструкция: длина волокна - 1,5 мм; плотность ЗПМ - 20 кг/м^3;
диаметры: 1-1,5 мкм, 2-5 мкм, 3-10 мкм

Рисунок 18 — Влияние диаметра волокна на частотную характеристику глушителя



Базовая конструкция: ЗПМ — БСТВ-20; сопротивления продуванию:
1 - 180 Па·с/м; 2 - 250 Па·с/м; 3 - 300 Па·с/м; 4 - 400 Па·с/м; 5 - 500 Па·с/м
Рисунок 19 — Влияние сопротивления продуванию защитной ткани на частотную характеристику глушителя



Базовая конструкция: ЗПМ - БСТВ-20; относительный просвет:
1 - 50,0 %; 2 - 55,4 %; 3 - 60,8 %; 4 - 66,0 %; 5 - 71,2 %
Рисунок 20 — Влияние относительного просвета между пластинами на частотную характеристику глушителя

Приложение А
(справочное)

Шумовые характеристики технологического оборудования

Таблица А.1 — **Шумовые характеристики газоперерабатывающих агрегатов**

Тип агрегата	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах частот, Гц									Уровни звуковой мощности по шкале А, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ГПА-Ц-6,3	131	133	134	130	130	134	131	129	126	138
ГПА-Ц-16	126	125	125	120	118	115	116	115	111	123
ГПА-10	126	125	126	124	120	124	120	107	98	128
ГТК-10	127	128	127	127	129	129	127	114	104	132
ГТК-10И	117	118	117	114	106	100	101	94	84	114
ГГН-16	120	117	119	119	120	115	116	107	110	126
ГТН-25(НЗЛ)	135	134	132	128	132	131	128	124	110	136
ГГН-25	117	116	110	110	111	112	104	102	93	111

(УТМЗ)										
ГТН-25И	116	112	110	112	100	115	116	109	98	121
СТД-4000	110	115	119	110	114	126	124	111	98	129
СТД-12500	112	121	117	120	124	137	131	115	108	134
10ГКН	117	116	116	115	113	107	105	106	97	113
10 ГК-1	116	115	103	102	117	114	111	101	91	119
10ГКНА	105	104	100	110	112	115	103	107	99	120
ГПА-Ц-6,3 Г	125	122	125	120	118	120	124	123	128	127
ГПУ-16 МЖ.02	117	116	105	106	104	113	116	113	109	119
ГПА-Ц-25	122	118	114	104	110	114	108	104	97	116
ГПА-Ц-16Л	118	118	117	112	109	112	115	112	109	119
ГПА-12 «Урал»	117	115	117	116	112	116	117	108	104	121
ДОН-2	116	115	112	110	116	125	117	127	114	130
ГПА-Ц-6,3 А	122	122	120	121	122	125	125	127	114	133

Приложение Б
(справочное)

Эффективность глушителей

Таблица Б.1 — **Эффективность пластинчатых глушителей (дБ), установленных в шахтах, в зависимости от длины (при скорости потока не свыше 15 м/с)**

Звукопоглощающая конструкция	Толщина щита H, мм	Шаг щитов h, мм	Относительное свободное сечение $F_{св}$	Рабочая длина щита l, м	Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Супертонкое базальтовое или стеклянное $\rho_{ср}$ = 25 кг/м^3 в оболочке из стеклоткани и перфорированного листа (перфорация не менее 25 %)	100	100	50	1	2	6	13	20	29	31	25	17
				2	4	10	21	34	49	53	39	20
				3	6	14	29	50	69	73	54	25
				4	8	19	37	63	75	75	69	30
				5	10	24	45	70	75	75	75	35
				6	11	28	53	70	75	75	75	40
	200	200	50	1	3	9	13	16	27	19	17	13
				2	5	14	19	23	36	28	23	16
				3	7	20	26	31	45	36	30	19
	400	200	33	4	10	26	32	38	54	45	36	22
				5	12	32	39	46	63	54	43	25
				6	14	37	46	53	70	63	49	28
				1	6	9	12	16	20	22	17	12
				2	11	15	18	24	30	34	24	14
				3	17	21	24	32	41	46	31	17
				4	23	27	30	47	52	58	38	19
				5	29	34	36	48	63	70	45	21
Полужесткие минераловатные плиты $\rho_{ср}$ = 100 кг/м^3 в оболочке из стеклоткани и перфорированного листа (перфорация не менее 25 %)	100	100	50	1	2	4	12	22	29	27	22	17
				2	3	8	22	37	49	44	34	24
				3	5	12	28	52	69	61	46	31
				4	6	16	36	67	75	75	58	38
				5	8	20	44	70	75	75	70	45
	200	200	50	1	1	4	13	20	25	23	14	12
				2	2	7	20	32	40	36	18	13
				3	3	10	27	44	55	49	22	15
				4	4	13	34	56	70	62	26	16
				5	5	17	41	68	75	75	30	17
				6	6	19	48	70	75	75	34	19

Таблица Б.2 — **Затухание ΔL, дБ, на 1 м длины для трубчатых глушителей или облицованных каналов круглого сечения**

Звукопоглощающая конструкция	Толщина щита H, мм	Внутренний диаметр d, мм	Скорость потока v, мм	Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Супертонкое базальтовое или стеклянное волокно $\rho_{ср}$ = 20-25 кг/м^3 в оболочке из стеклоткани и перфорированного листа (перфорация не менее 25 %)	100	115	Менее 15	5	8,5	22	26	28	32	32	20
		194		3,5	6,5	20	18	24	25	19	13
		285		2,5	5,5	13	11	14	16	8	3,5
		375		1,5	4,2	12	9,7	13	12,7	6,6	3
		440		1	3,5	10,5	7	10,5	10	2,5	0,5
Полужесткие минераловатные плиты $\rho_{ср}$ = 100 кг/м^3 в оболочке из стеклоткани и перфорированного листа (перфорация не менее 25 %)	85	300	Менее 15	3	5,5	12	15	14	13	7	3
			20	2,4	4,4	9,6	12	11	13	7	3
			30	2	4	8,6	10,7	10	13	7	3
	100	600	Менее 15	2	4	7	9	6	4	3	2
			20	1,6	3,2	5,6	7,2	4,8	4	3	2
			30	1,4	2,8	5	6,4	4,3	4	3	2
	100	800	Менее 15	1	3,2	4,5	7,5	4,5	2,5	1,2	0,5
			20	0,8	2,6	3,7	6	3,6	2,5	1,2	0,5
			30	0,7	2,3	2,6	5,3	2,2	2,5	1,2	0,5
	100	1400	Менее 15	0,5	2	3	3	1,5	0	0	0
	100	2500	Менее 15	0,1	1,5	1,5	1	0	0	0	0

Библиография

[1] *Строительные нормы и правила* СНиП 23-03-2003 *Защита от шума*

[2] Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки

[3] Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных *объектов*

[4] Общесоюзные нормы технологического проектирования ОНТП 1-86 Общесоюзные нормы технологического проектирования газоперерабатывающих заводов

Содержание

Введение

1. Область применения
2. Нормативные ссылки
3. *Термины и определения*
4. Сокращения
5. Источники шума газотранспортных организаций и дочерних обществ
6. Требования к нормированию шума газотранспортного оборудования
7. Определение уровня звукового давления в расчетных точках
8. *Расчет требуемого снижения шума*
9. Порядок проектирования мероприятий по защите от шума КС
10. Расчет и типовые схемы средств снижения шума оборудования
11. Мероприятия по защите от шума работников организаций
12. Рекомендации по применению звукоизолирующих материалов и изделий в *звукоизолирующих и звукопоглощающих конструкциях*

Приложение А (справочное) Шумовые характеристики технологического оборудования

Приложение Б (справочное) Эффективность глушителей

Библиография

gost.e-ecolog.ru