

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

**ИЗМЕРЕНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ**

САМАРА 2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

**ИЗМЕРЕНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ**

*Методические указания к лабораторной работе
по курсу «Основы виброакустики машин»*

САМАРА 2015

Составители: А.А. Иголкин, Л.В. Родионов, Е.В.Шахматов

УДК 681.8

Измерение звукоизоляции ограждающих конструкций в натуральных условиях: Метод. указания к лаб. работе / Самар. гос. аэрокосм. ун-та; Сост. А.А. Иголкин, Л.В. Родионов, Е.В.Шахматов. – Самара, 2015. 28 с.

Рассмотрены теоретические основы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций в натуральных условиях. Дано описание оборудования необходимого для измерения звукоизоляции ограждающих конструкций. Изложены методы расчёта индекса звукоизоляции согласно СНиП 23-03-2003 и СНиП II-12-77.

Методические рекомендации предназначены для магистрантов.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета

Рецензент: д-р техн. наук, доц. А.Б. Прокофьев

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Термины, обозначения и определения | 5 |
| Введение | 6 |
| 1. Теоретические основы лабораторной работы | 7 |
| 2. Аппаратура | 12 |
| 3. Проведение измерений | 14 |
| 4. Методика определения изоляции воздушного шума R_w по СНиП 23-03-2003 | 17 |
| 5. Методика определения изоляции воздушного шума I_e по СНиП II-12-77 | 19 |
| 6. Экспериментальные исследования звукоизоляции ограждающих конструкций | 21 |
| 7. Оформление результатов измерений и отчета | 25 |
| Контрольные вопросы | 27 |
| Список использованных источников | 28 |

ТЕРМИНЫ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

| Термин | Обозначение | Определение |
|--|--|--|
| 1. Изоляция от воздушного шума (звукоизоляция) | <i>R</i> | Величина, характеризующая снижение уровня воздушного шума |
| 2. Фактическая изоляция воздушного шума | <i>R'</i> | Десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой мощности, падающей на испытываемый образец, к полной звуковой мощности, переданной в помещении низкого уровня, в том числе и по обходным путям |
| 3. Частотная характеристика изоляции воздушного шума | - | Величина изоляции воздушного шума R , дБ, в третьоктавных полосах частот в диапазоне 100 - 3150 Гц или 100 – 5000 Гц (в графической или табличной форме) |
| 4. Индекс изоляции воздушного шума | <i>R_w</i> <i>(I_v)</i> | Величина, служащая для оценки звукоизолирующей способности ограждения одним числом. Определяется путем сопоставления частотной характеристики изоляции воздушного шума со специальной оценочной кривой в дБ. |
| 5. Импеданс | <i>Z</i> | Комплексное сопротивление, которое представляет собой отношение комплексной амплитуды звукового давления к амплитуде объемной колебательной скорости |
| 6. Средний уровень звукового давления в помещении | <i>L_m</i> | Десятикратный десятичный логарифм отношения усредненных в пространстве и времени квадратов звукового давления к квадрату порогового звукового давления |

ВВЕДЕНИЕ

Развитие машиностроения неизбежно влечет за собой рост мощности используемого промышленного гидравлического и пневматического оборудования и инструмента. В настоящее время устройства гидропневмоавтоматики получили широкое применение в различных отраслях промышленности. Повышение энергоемкости и быстродействия пневматических и гидравлических устройств привело к резкому увеличению интенсивности шумов, сопровождающих различные производственные процессы. Снижение шума до санитарных норм является одним из требований по обеспечению охраны труда.

Кроме того, в связи с развитием городов, ростом объемов и темпов строительства, развитием транспортного комплекса и комплекса предоставления услуг, торговли и развлечений появляются новые источники шума, а старые интенсифицируются.

По данным [1] 32% жалоб на негативные факторы окружающей среды связано с повышенным шумом. Шум попадает в «тройку» наиболее актуальных экологических проблем.

Настоящие методические рекомендации устанавливают метод определения звукоизоляции ограждающих конструкций в натуральных условиях и предназначены для проведения испытаний акустического качества ограждающих конструкций.

Цель работы: изучение экспериментального метода определения звукоизоляции ограждающих конструкций.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Из многочисленных работ известны следующие основные пути снижения шума [2, 10, 11, 12]:

- снижение виброакустической активности источника;
- применение специальных корректирующих устройств и глушителей шума;
- звукоизоляция источника колебаний и шума.

Очевидно, что наиболее эффективный путь снижения шума – устранение их первопричины в источниках колебаний. Метод снижения виброакустической активности источника заключается в усовершенствовании конструкции источника, или в изменении технологического процесса. Решение задачи уменьшения шумности компрессоров, насосов и других агрегатов путем борьбы с шумом в источнике шумообразования часто связано со значительными конструкторско-технологическими трудностями, поэтому наиболее эффективно применение этого метода при разработке новых конструкций.

В газоздушных трактах, сообщающихся с окружающей атмосферой, возмущения рабочей среды могут беспрепятственно выходить наружу, создавая наибольшие уровни звукового давления.

Наибольшее развитие получили методы борьбы с колебаниями и шумом на путях его распространения. К таким методам относятся: применение глушителей шума и специальных гасителей колебаний, а также звукоизоляция источника.

Звукоизоляция относится к «дорогим» мероприятиям, и зачастую стоимость акустической обработки помещений может быть сравнима со стоимостью постройки здания и оборудования установленного на объекте.

Задача повышения звукоизоляции ограждающих конструкций при

строительстве и реконструкции зданий представляется крайне актуальной. Причем в таких случаях на разрабатываемые мероприятия накладываются ограничения по стоимости материалов и по толщине применяемых конструкций. Без предварительного расчета эффективности мероприятий невозможно добиться максимального эффекта.

Современные методы и средства звукоизоляции позволяют успешно бороться с разнообразными источниками шума. Обширная научно-техническая литература по этим вопросам позволяет достаточно быстро ознакомиться с конкретными задачами. В России и за рубежом хорошо известны исследования и разработки звукоизолирующих конструкций и методик расчета Боголепова И.И., Кудисовой Л.Я., Иванова Н.И., Юдина Е.Я., Осипова Г.Л., М. Хекла, Цвиккера К., Костена К., Борисова Л.А. [7,10,11,12].

Однако, несмотря на глубокую теоретическую проработку вопросов звукоизоляции метод определения звукоизоляции ограждающих конструкций в натуральных условиях остается актуальным.

Звукоизолирующая способность преграды (коэффициент звукоизоляции) r равна отношению интенсивности звука J_{11} в падающих на преграду волнах к интенсивности звука J_{12} в волнах, прошедших через преграду:

$$r = \frac{J_{11}}{J_{12}} = \frac{1}{\tau} \quad (1)$$

Коэффициент прохождения τ (используется также термин «коэффициент проницаемости») связан с коэффициентом рассеяния δ и с коэффициентом отражения ε соотношением, выражающим закон сохранения энергии:

$$\delta + \varepsilon + \tau = 1 \quad (2)$$

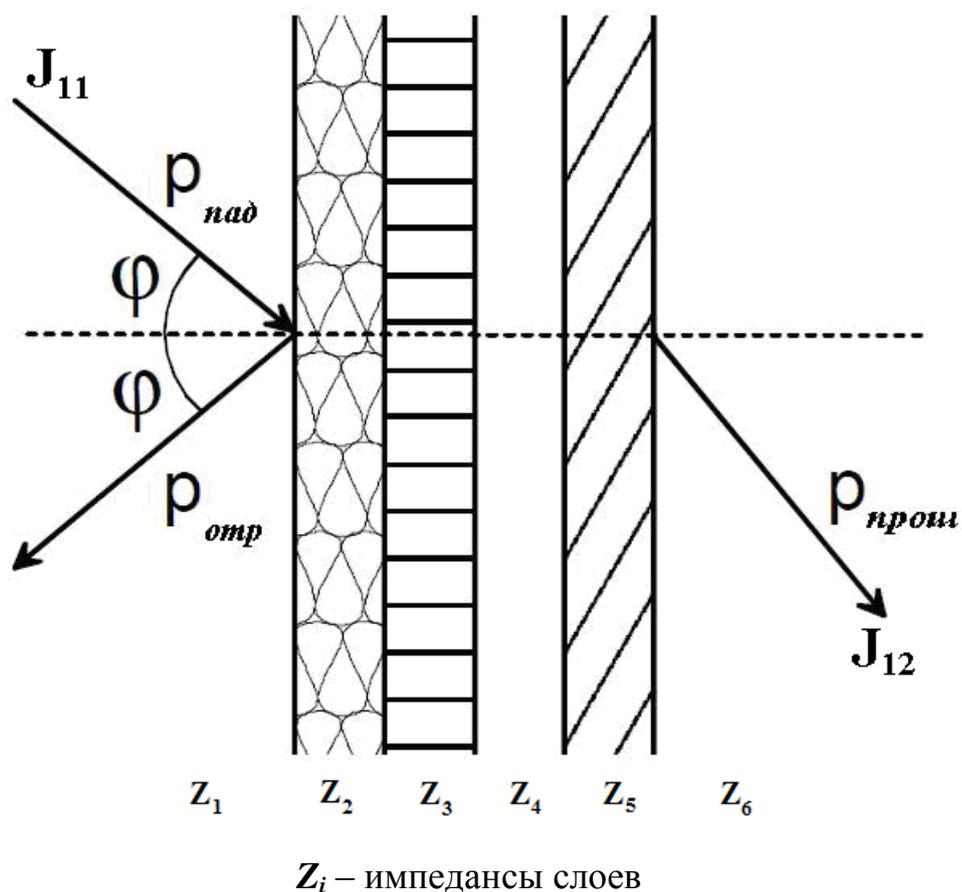


Рисунок 1.1 – Схема прохождения звуковых волн через многослойную преграду

Звукоизоляция R , дБ, - десятикратный десятичный логарифм отношения (1) – выражается разностью соответствующих значений интенсивности звука:

$$R = 10 \lg r = 10 \lg J_{11} - 10 \lg J_{21} = 10 \lg \frac{I}{\tau} \quad (3)$$

Международная организация по стандартизации рекомендует пользоваться понятиями коэффициента проницаемости и звукоизоляции.

Звукоизолирующий эффект при отсутствии необратимых потерь звуковой энергии обусловлен отражением звуковых волн от границы раздела двух сред; чем больше будет энергии в отраженных волнах, тем меньше ее останется в прошедших и, следовательно, тем больше будет звукоизолирующая способность.

При равенстве импедансов двух сред по обе стороны раздела ($Z_1=Z_2$) звукоизоляция раздела равна нулю. При этом не требуется равенства

механических свойств соприкасающихся сред: плотности и скорости звука в отдельности. Необходимо лишь равенство их произведений. Для увеличения звукоизоляции следует увеличивать различие (рассогласование) импедансов первой и второй сред. Эта физическая закономерность звукоизоляции получила название принципа рассогласования импедансов.

Для достижения многократного отражения от границ и повышенного эффекта звукоизоляции в практике используются многослойные конструкции.

Частотная характеристика звукоизоляции ограждения наиболее полно позволяет судить о его звукозащитных качествах, однако практически для приближенной оценки звукоизоляции может быть использована величина индекса изоляции воздушного шума R_w (см. рис. 1.2).

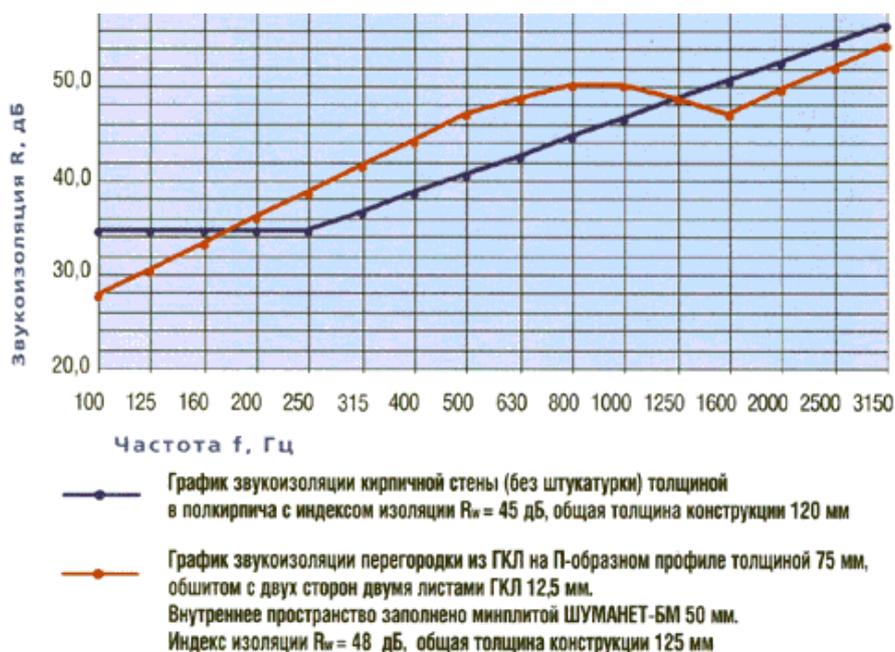


Рисунок 1.2 - Сравнение звукоизоляционных характеристик однослойных и многослойных конструкций перегородок

В рекламных проспектах фирм, как правило, также приводится значение индекса звукоизоляции R_w , выраженное в дБ, полученное при испытаниях в лаборатории или в натуральных условиях под воздействием постоянного шума, оказывающего такое же воздействие на человека, как и непостоянный

городской шум.

Метод измерения изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями заключается в последовательном измерении и сравнении средних уровней звукового давления в помещениях высокого и низкого уровней в определенных полосах частот.

Испытательные помещения для измерений изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями должны состоять из двух смежных по горизонтали или вертикали помещений, между которыми находится испытываемая конструкция. Объем помещений высокого и низкого уровня должен составлять не менее 25 м^3 , линейные размеры - не менее 2-3 м.

Если линейные размеры помещений высокого и низкого уровней одинаковы и оба помещения пустые, то в одном из них следует преимущественно использовать рассеивающие элементы (диффузоры), способствующие созданию диффузного звукового поля. Поверхностная плотность испытуемого элемента должна быть не менее 3 кг/м^2 , площадь одного элемента не менее $1,5 \text{ м}^2$. Общая площадь рассеивающих элементов должна быть не менее 5 м^2 . Рассеивающие элементы не должны экранировать испытываемый элемент конструкции. При проведении испытаний перекрытий эти элементы следует располагать на полу нижнего помещения [3].

Если испытываемый образец имеет различную площадь со стороны помещений высокого и низкого уровней, то большая площадь испытуемого образца должна находиться со стороны помещения высокого уровня. Общая для двух помещений площадь ограждения должна быть не менее 10 м^2 .

Пары испытательных помещений делятся на следующие виды:

- 1) пары помещений без косвенной передачи звука;
- 2) пары помещений с косвенной передачей звука.

2. АППАРАТУРА

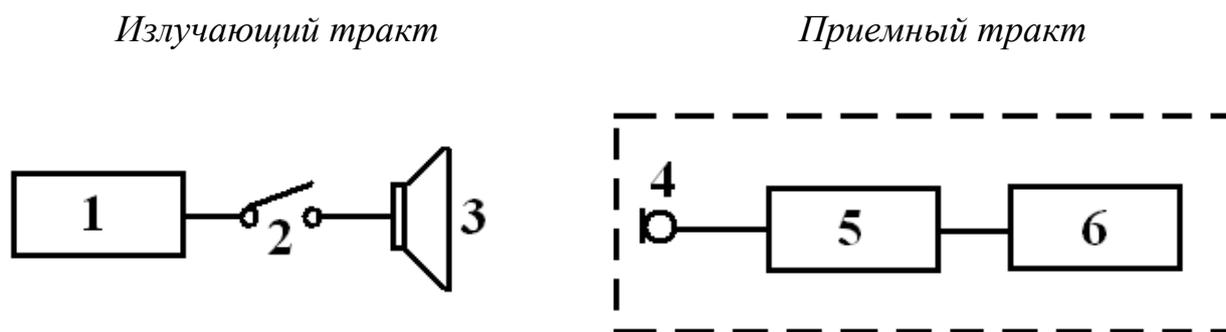
Передающая система, излучающая шум при измерениях звукоизоляции должна содержать:

- 1) генератор шума;
- 2) усилитель мощности;
- 3) громкоговорители.

Приемная измерительная система должна обеспечивать проведение измерений уровня звукового давления в третьоктавной полосе и содержать:

- 1) Интегрирующий шумомер;
- 2) Компьютер со специализированным программным обеспечением;

Звуковой сигнал при измерениях следует создавать громкоговорителем, излучающим широкополосный шум.



1 - генератор шума с усилителем; 2 - ключ; 3 - додекаэдр;

4 - конденсаторный микрофон; 5 - микрофонный усилитель; 6 – интегрирующий шумомер анализатор спектра.

Рисунок 2.1 - Блок-схема аппаратуры для измерения звукоизоляции

Внешний вид генератора с усилителем, додекаэдра и интегрирующего шумомера приведен на рисунках 2.2-2.4.



Рисунок 2.2– Внешний вид шумомера
Октава 101А



Рисунок 2.3 – Внешний вид
додекаэдра



Рисунок 2.4 – Внешний вид генератора белого и розового шума с усилителем
мощности

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения следует проводить во всех третьоктавных полосах со средними геометрическими частотами 100 – 3150 Гц или 100-5000 Гц в зависимости от СНиП [6,7].

При проведении измерений должны соблюдаться следующие условия:

1) установка громкоговорителя в двух местах помещения с высоким уровнем;

2) установка измерительного микрофона в каждой из шести точек в помещениях низкого и высокого уровней, минимальное расстояние точек установки микрофона одна от другой, а также от ограждающей конструкции и от диффузоров 0,5 м, минимальное расстояние от громкоговорителей 1 м.

Измерение и определение изоляции воздушного шума R' осуществляется в соответствии с требованиями:

1. Громкоговорители в помещениях для измерений должны создавать диффузное звуковое поле. Они должны располагаться не менее чем в двух местах измерительного помещения высокого уровня - в углах на расстоянии не менее 2 м от испытываемого объекта.

2. Измерительный микрофон в помещениях высокого и низкого уровней должен последовательно устанавливаться не менее чем в шести точках (на каждой позиции громкоговорителя в трех точках). Точки измерений должны отстоять не менее чем на 1 м от поверхности ограждающих конструкций, друг от друга и от громкоговорителей.

3. Средние уровни звукового давления (L_m) рассчитывают по формуле

$$L_m = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{0,1 L_j} \right), \quad (1)$$

где L_j - уровень звукового давления в точке j ;

n - число точек измерений.

4. Эквивалентную площадь звукопоглощения помещения низкого уровня (A_2) следует определять по значению времени реверберации (T), измеренному в соответствии с ГОСТ 26417-85 и рассчитанному по формуле [4]

$$A_2 = \frac{0,16V}{T},$$

где V - объем измерительного помещения, м^3 .

5. Изоляцию воздушного шума ограждающими конструкциями (R) рассчитывают по формуле

$$R = L_{m1} - L_{m2} + 10 \lg \frac{S}{A_2}, \quad (3)$$

где L_{m1} и L_{m2} , - средние уровни звукового давления в помещениях высокого и низкого уровней соответственно, дБ;

S - поверхность испытываемой конструкции, м^2 .

Для помещений с обычными для здания обходными путями при расчетах по формуле (3) получают фактическую изоляцию воздушного шума R' .

При измерениях изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями, установленными между помещениями, соединяющимися каналами, отверстиями и коммуникациями, следует определять приведенную разность уровней звукового давления (D_n) по формуле

$$D_n = L_{m1} - L_{m2} + 10 \lg \frac{A_0}{A_2}, \quad (4)$$

где A_0 - значение стандартного звукопоглощения, равное 10 м^2 .

Уровни звукового давления помех при измерениях должны быть минимум на 3 дБ ниже уровня звукового давления полезного сигнала и помех; при разности измеренного уровня звукового давления сигнала, включающего помехи, и уровня звукового давления помех в 3 дБ следует уменьшить измеренные уровни звукового давления на 3 дБ, при разности от 4 до 5 дБ - уменьшить измеренные значения на 2 дБ; при разности от 6 до 9 дБ - на 1 дБ. Если же разница равна или превышает 10 дБ, то воздействие помех не учитывается.

Если общая площадь поверхности испытываемой конструкции меньше 10 м^3 или в разделяющем ограждении имеются вентиляционные каналы, технологические отверстия, то следует определять приведенную разность уровней звукового давления D_n по формуле (4).

4 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА

R_w по СНиП 23-03-2003

Индекс изоляции воздушного шума R_w (в дБ) ограждающей конструкцией с известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристикой изоляции воздушного шума определяется путем сопоставления этой частотной характеристики с нормативной кривой, установленной стандартом 717 Международной организации по стандартизации (ИСО) [5], приведенной в таблице 4.1. График нормативной кривой представлен на рисунке 4.1.

Для определения индекса изоляции воздушного шума R_w необходимо на график с нанесенной оценочной кривой нанести частотную характеристику изоляции воздушного шума определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считают отклонения вниз от оценочной кривой.

Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, величина индекса R_w составляет 52 дБ.

Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ, оценочная кривая смещается вниз на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений не превышала указанную величину.

Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вверх на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной оценочной кривой максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

За величину индекса R_w принимается ордината смещенной (вверх или вниз) оценочной кривой на частоте 500 Гц.

Таблица 4.1 – Нормативная значения звукоизоляции в зависимости от частоты согласно СНиП 23-03-2003

| | | | | | | | | |
|---|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Средняя частота третьоктавной полосы, Гц | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| Изоляция воздушного шума R, дБ | 33 | 36 | 39 | 42 | 45 | 48 | 51 | 52 |
| Средняя частота третьоктавной полосы, Гц | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
| Изоляция воздушного шума R, дБ | 53 | 54 | 55 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |

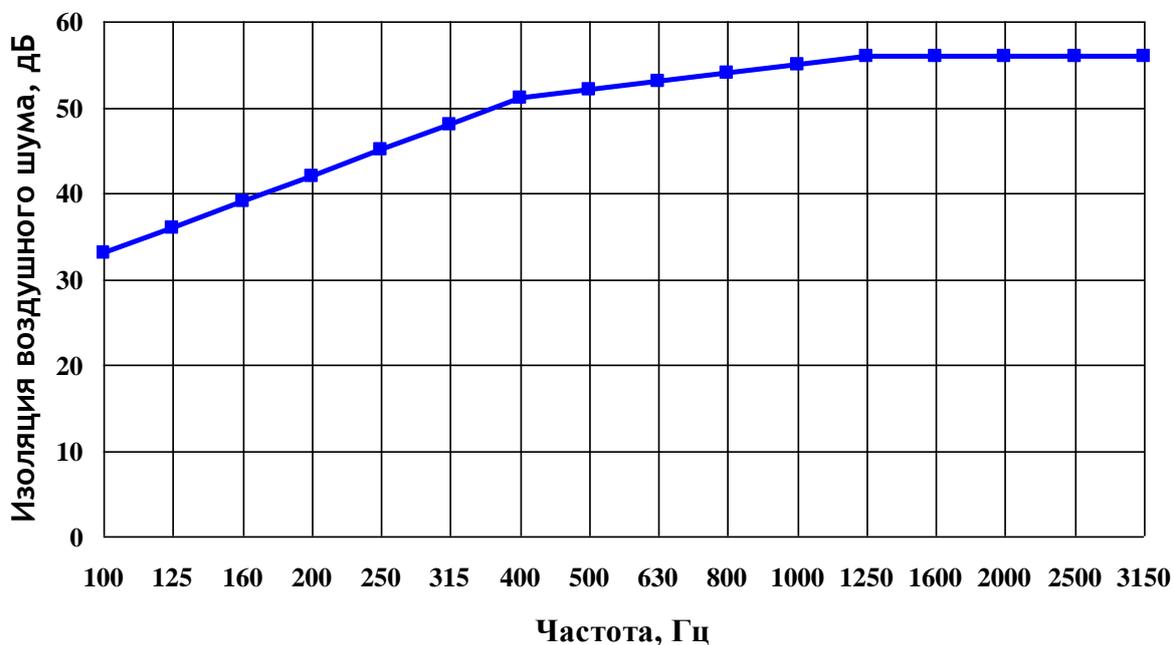


Рисунок 4.1 – График нормативной кривой

5 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА I_e по СНиП II-12-77

Индекс изоляции воздушного шума I_e в дБ ограждающей конструкцией с известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристикой изоляции воздушного шума следует определять по формуле

$$I\Delta = 50 + \Delta e, \quad (20)$$

где Δe - поправка, определяемая путем сравнения частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией с нормативной частотной характеристикой изоляции воздушного шума (таблица 5.1 и рисунок 5.1) по методике, изложенной ниже.

1. Для вычисления поправки Δe в дБ необходимо на график с нормативной частотной характеристикой изоляции воздушного шума нанести частотную характеристику изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией и определить среднее неблагоприятное отклонение нанесенной частотной характеристики от нормативной частотной характеристики.

Неблагоприятными отклонениями следует считать отклонения вниз от нормативной частотной характеристики. Среднее неблагоприятное отклонение следует принимать равным 1/18 суммы неблагоприятных отклонений.

Если среднее неблагоприятное отклонение приближается, но не превышает 2 дБ, а максимальное неблагоприятное отклонение не превышает 3 дБ, то поправка $\Delta e = 0$.

Если среднее неблагоприятное отклонение превышает 2 дБ или максимальное неблагоприятное отклонение превышает 8 дБ, то нормативная частотная характеристика смещается вниз (на целое число децибел) так, чтобы среднее и максимальное неблагоприятные отклонения от смещенной нормативной частотной характеристики не превышали указанные величины. В этом случае поправка Δe отрицательна и равна величине смещения нормативной частотной характеристики.

Таблица 5.1 – Нормативные значения звукоизоляции в зависимости от частоты согласно СНиП II-12-77

| | | | | | | | | | |
|---|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Средняя частота третьоктавной полосы, Гц | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 |
| Изоляция воздушного шума R, дБ | 27 | 32 | 37 | 42 | 45 | 48 | 51 | 53 | 55 |
| Средняя частота третьоктавной полосы, Гц | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 | 5000 |
| Изоляция воздушного шума R, дБ | 56 | 55 | 56 | 56 | 56 | 55 | 54 | 52 | 50 |

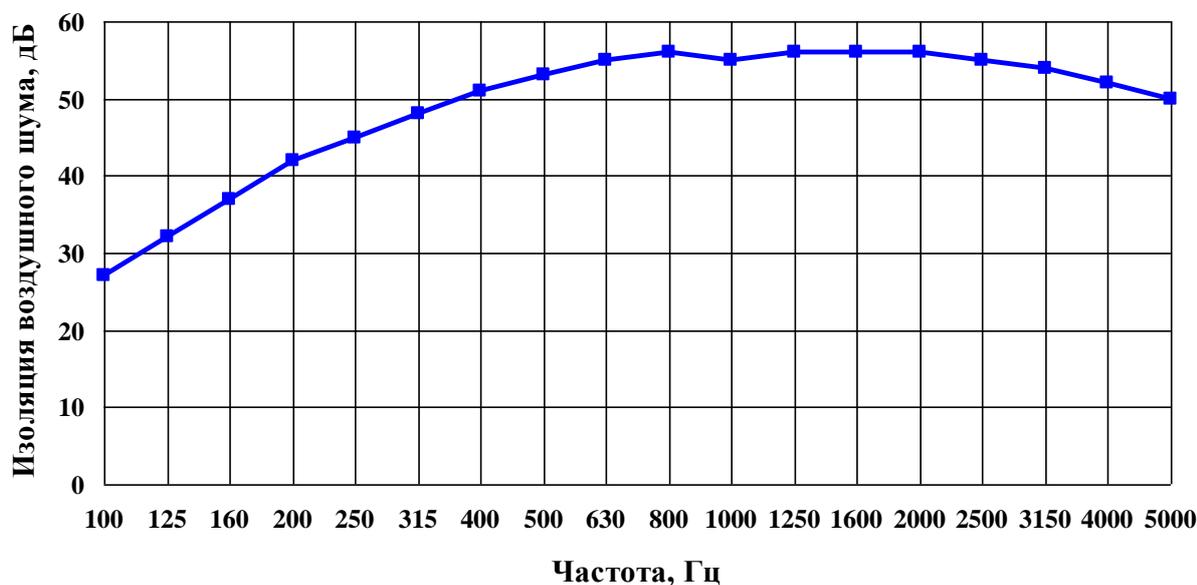


Рисунок 5.1 – Нормативная частотная характеристика изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией по СНиП II-12-77

Если среднее неблагоприятное отклонение значительно меньше 2 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, нормативная частотная характеристика смещается вверх (на целое число децибел) так, чтобы среднее неблагоприятное отклонение от смещенной нормативной частотной

характеристики приближалось, но не превышало 2 дБ, а максимальное неблагоприятное отклонение не превышало 8 дБ. В этом случае поправка Δ_s положительна и равна величине смещения нормативной частотной характеристики.

6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Для экспериментального исследования уровня звукового давления шума в помещения необходимо:

1. Подключить генератор с усилителем к додекаэдру;
2. Накрутить микрофонный капсюль ВМК - 205 на предусилитель КММ 400.

Вставить предусилитель во входной разъем прибора ОКТАВА – 101А.

3. Включить прибор (**ОКТАВА 101А**) нажатием клавиши «вкл».

Войти в меню прибора нажатием клавиши «режимы».

Перемещение по меню прибора осуществляется при использовании клавиш «v», «^», «<», «>», «да» и «нет», возврат в меню клавиша «режимы».

В меню **ПРИБОР→НАСТРОЙКИ** установить следующие параметры:

-**НАЗВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ** – определяется по желанию пользователя с помощью клавиш «v», «^», «<», «>», «да» и «нет».

-Измеряемый параметр. – ЗВУК.

Напряжение на микрофоне. – 200В.

-Спектр – ДА.

Так же устанавливается подсветка и контрастность дисплея, задается дата и время измерения, проверяется степень зарядки аккумулятора внизу окна

НАСТРОЙКИ, она должна составлять от 4,2 В до 5,2 В.

-В меню **ПРИБОР→НАСТРОЙКИ→РЕЖИМЫ** установить следующие настройки временной характеристики:

«ЗВУК» - L_{eq} (эквивалентный по энергии за все время измерений).

-В меню **ПРИБОР→НАСТРОЙКИ→РЕЖИМЫ→УСИЛЕНИЕ** установить

рабочий диапазон измерений 35-115 дБ.

4. Включить генератор с усилителем. Выставить следующие настройки: тумблер в положении внутренний генератор (inside generator), спектр – линейный (linear), уровень - -7 дБ.
5. Провести измерение уровня звукового давления в помещении, нажав кнопку «Старт» на шумомере. Измерять давление в одной точке необходимо 8-10 сек, после чего нажать кнопки «Стоп» и «Запись» последовательно. Далее нажать кнопку «Сброс» и повторить замер для остальных 5 точек равномерно распределенных по помещению заранее. После проведения измерений выключить всю аппаратуру;
6. Обработку проводить на компьютере, где установлено специализированное программное обеспечение Октава 101 v.1.2.3
7. Соединить прибор ОКТАВА 101А с компьютером посредством интерфейсного кабеля КИ-1. Кабель КИ-1 имеет с одной стороны разъем штыревого типа (jack), вставляемый в гнездо «RS-232» на нижнем торце прибора, а с другой стороны – 9-штырьковый разъем для подключения к СОМ-порту компьютера.
8. Включить прибор.
9. Запустить программу ОКТАВА 101. v.1.2.3
10. В появившемся окне щелкнуть левой кнопкой мыши по кнопке «Соединение», программа автоматически осуществит подключение к прибору. Сразу после подключения компьютер и прибор работают в режиме телеметрической передачей результатов измерений.

Все записи находящиеся в памяти прибора можно увидеть в выпадающем списке, щелкнув мышью по кнопочке справа от слов «Режим телеметрии» (или «Запись ХХХ, дата дд/мм/гг, время чч:мм:сс вверху экрана компьютера). Щелкнув мышью по нужной записи, выведите данные, относящиеся к ней, на экран компьютера. Затем сохранить результаты в текстовом файле.

11. Запустить программу Microsoft Office Excel. В строке Меню выбрать **ФАЙЛ – Открыть**, затем в появившемся диалоговом окне в строчке - *Тип файлов* установить - **Все файлы** и найти сохраненный ранее файл в формате txt (см. п.10), нажать **ОК**. Далее, для того чтобы верно и полностью импортировать данные в программу Excel, в появившемся окне мастера текстов, следует указать:

Шаг 1 - оставить без изменения;

Шаг 2 - установить флажок, утверждающий, что символом разделителем является **точка с запятой**.

Шаг 3 – нажать кнопку **ПОДРОБНЕЕ** и определить разделитель целой и дробной части как **ТОЧКА**, нажать **ОК. Готово**.

Сохранить файл в формате **xls** для последующей обработки с помощью методики СНиП (нажать кнопку сохранить на панели инструментов, в появившемся окне выбрать пункт нет, задать имя файла, соответствующее точке измерения).

12. Для того чтобы получить ясную картину изменения коэффициента звукоизоляции и других параметров звукового давления в исследуемом помещении с помощью методики СНиП следует:

- Занести значения звукового давления в таблицу для соответствующих частот(в СНиП_23_03_2003 – 100-3150 Гц, в СНиП_ II _12_77 – 100-5000 Гц) для 6 точек шумной и 6 точек тихой зон. Для этого необходимо скопировать значения из ранее сохраненного файла (см. п.11), из таблицы **УЗД в 1/3 октавах** строчка с **Leq**, для всего диапазона частот, для каждой точки соответственно. Так же следует скопировать значения Leq по шкале А в колонку La, оно одно для каждой из исследуемых точек.

- Следует также ввести значения **фона, времени реверберации и геометрических параметров помещения**

13. Рассчитать индекс звукоизоляции по методике СНиП 23-03-2003 (раздел 4);

14. Рассчитать индекс звукоизоляции по методике СНиП II-12-77 (раздел 5);

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ОТЧЕТА

Результаты испытаний записывают в протокол, который должен содержать следующие данные:

1. назначение и название исследуемого помещения.
2. описание прибора для измерений;
3. выбранный метод измерения;
4. описание, эскиз и техническую характеристику объекта испытаний;
5. размеры и объем помещения;
6. температуру помещения высокого уровня во время проведения измерений;
7. основные отклонения от процедуры проведения измерений с указанием причин;
8. заключение о соответствии (или не соответствии) индекса изоляции воздушного шума перекрытия (перегородки) нормативным значениям индексов изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями.
9. дату испытаний;
10. Ф.И.О. и номер группы студента, проводившего испытания.

Примечание.

Частотная зависимость звукоизоляции испытуемого объекта должна быть представлена в виде диаграммы и таблицы для частот.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
|----|------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|---|---|---|---|---|---|
| 1 | частота | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 | 5000 | | | | | | | |
| 2 | фон | 26,4 | 32,5 | 29,7 | 29,9 | 29,4 | 30,3 | 27 | 26,9 | 26,9 | 29,1 | 32,6 | 28,8 | 23,2 | 21,9 | 21,7 | 20,2 | 21,5 | 19 | | | | | | | |
| 3 | Шум 1 | 83,1 | 83,8 | 90,7 | 85,1 | 87,5 | 86,2 | 86,3 | 86 | 85,2 | 83,3 | 83,7 | 85,7 | 85,2 | 88 | 86,2 | 84,9 | 86 | 84,3 | | | | | | | |
| 4 | Шум 2 | 84,8 | 87 | 83,5 | 85,2 | 88,2 | 86,1 | 87,1 | 82,8 | 82,8 | 85 | 83,2 | 82,8 | 83,6 | 86,2 | 83,4 | 81,1 | 83,7 | 79,4 | | | | | | | |
| 5 | Шум 3 | 90,2 | 94,2 | 91,3 | 86,5 | 87,1 | 85,9 | 86,3 | 85,2 | 87,3 | 87,6 | 88 | 85,2 | 87,4 | 89,2 | 87,5 | 86,3 | 86,5 | 82,3 | | | | | | | |
| 6 | Шум 4 | 88,5 | 86,8 | 89,9 | 85,6 | 90 | 85,5 | 83,7 | 82,4 | 84 | 86,5 | 87,1 | 84,9 | 87,3 | 89,5 | 88,8 | 86,1 | 88,4 | 83,5 | | | | | | | |
| 7 | Шум 5 | 86,4 | 88,1 | 86,3 | 83 | 89,5 | 86,8 | 90,9 | 84,8 | 83,3 | 85,5 | 86,1 | 84,4 | 85,1 | 89,1 | 87 | 84 | 87,7 | 83,4 | | | | | | | |
| 8 | Шум 6 | 88,1 | 90,3 | 88,8 | 86,8 | 89,6 | 88,2 | 88 | 89,8 | 82,9 | 86,2 | 87,8 | 87,5 | 88 | 89,8 | 86,5 | 84,3 | 88,1 | 85 | | | | | | | |
| 9 | Ср энерг | 87,5 | 89,7 | 89,1 | 85,5 | 88,8 | 86,5 | 87,6 | 85,9 | 84,6 | 85,9 | 86,4 | 85,3 | 86,4 | 88,8 | 86,8 | 84,8 | 87 | 83,3 | | | | | | | |
| 10 | Тихая 1 | 42,1 | 48,3 | 51,8 | 47,6 | 48,7 | 43,1 | 45,7 | 40,9 | 35,7 | 34,9 | 35,5 | 33 | 30 | 30,9 | 26,4 | 23,7 | 24,6 | 21,3 | | | | | | | |
| 11 | Тихая 2 | 46 | 45,4 | 50,1 | 47,6 | 45,5 | 41,1 | 44,7 | 39,6 | 38,7 | 34,3 | 35,1 | 32,1 | 30,9 | 29,9 | 28,6 | 25,1 | 26,4 | 27,3 | | | | | | | |
| 12 | Тихая 3 | 45,7 | 48,9 | 45,4 | 42,5 | 47,4 | 45,5 | 44,5 | 40,4 | 35,2 | 33,8 | 33,3 | 30,5 | 28 | 29,6 | 26,8 | 24,2 | 24,6 | 21,6 | | | | | | | |
| 13 | Тихая 4 | 46,7 | 46,8 | 48,8 | 47,4 | 48 | 41,4 | 42,8 | 42,3 | 37 | 32,5 | 34,7 | 32 | 28 | 28,9 | 25,6 | 23,5 | 25,4 | 22 | | | | | | | |
| 14 | Тихая 5 | 38,3 | 48,2 | 50,8 | 44,1 | 50,7 | 44,9 | 42,5 | 43,1 | 35,9 | 33,9 | 35,5 | 31,6 | 28,9 | 29,8 | 26,4 | 23,7 | 24,9 | 21,6 | | | | | | | |
| 15 | Тихая 6 | 43,8 | 40,8 | 44 | 46 | 49,9 | 46,1 | 43,1 | 42,1 | 36,8 | 33,3 | 35,8 | 32,9 | 28,9 | 30,1 | 27,6 | 23,5 | 24,9 | 22,2 | | | | | | | |
| 16 | Ср энерг | 44,5 | 47,1 | 49,3 | 46,3 | 48,7 | 44,1 | 44 | 41,6 | 36,7 | 33,8 | 35,1 | 32,1 | 29,2 | 29,9 | 27 | 24 | 25,2 | 23,3 | | | | | | | |
| 17 | вр рев | 1,48 | 12,5 | 10,6 | 3,41 | 2,44 | 4 | 1,88 | 1,07 | 0,18 | 0,4 | 0,45 | 0,35 | 0,35 | 0,3 | 0,35 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 2,22 | | | | | | |
| 18 | Эквив площ звукопогл А2 | 5,39 | 0,64 | 0,76 | 2,34 | 3,28 | 2 | 4,25 | 7,45 | 44,4 | 20 | 17,8 | 22,8 | 22,8 | 26,6 | 22,8 | 26,6 | 26,6 | 26,6 | 3,6 | | | | | | |
| 19 | Поправка | 5,35 | 14,6 | 13,9 | 8,97 | 7,51 | 9,67 | 6,39 | 3,95 | -3,8 | -0,3 | 0,18 | -0,9 | -0,9 | -1,6 | -0,9 | -1,6 | -1,6 | -1,6 | 7,11 | | | | | | |
| 20 | Звукоизол | 48,3 | 57,2 | 53,7 | 48,2 | 47,6 | 52,1 | 50 | 48,3 | 44,1 | 51,7 | 51,5 | 52,3 | 56,2 | 57,3 | 58,9 | 59,2 | 60,2 | 67,1 | | | | | | | |
| 21 | норматив | 27 | 32 | 37 | 42 | 45 | 48 | 51 | 53 | 55 | 56 | 55 | 56 | 56 | 56 | 55 | 54 | 52 | 50 | ср знач | | | | | | |
| 22 | неблаг знач для расч | -21,3 | -25 | -17 | -6,2 | -2,6 | -4,1 | 1,04 | 4,68 | 10,9 | 4,3 | 3,52 | 3,69 | -0,2 | -1,3 | -3,9 | -5,2 | -8,2 | -17 | | | | | | | |
| 23 | 0,5 смещ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,04 | 4,68 | 10,9 | 4,3 | 3,52 | 3,69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,565 | | | | | | | |
| 24 | норм.Смещ | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | 45,5 | 48,5 | 51,5 | 53,5 | 55,5 | 56,5 | 55,5 | 56,5 | 56,5 | 56,5 | 55,5 | 54,5 | 52,5 | 50,5 | ср знач | | | | | | |
| 25 | неблаг знач для расч | -20,8 | -25 | -16 | -5,7 | -2,1 | -3,6 | 1,54 | 5,18 | 11,4 | 4,8 | 4,02 | 4,19 | 0,29 | -0,8 | -3,4 | -4,7 | -7,7 | -17 | | | | | | | |
| 26 | 0,5 смещ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,54 | 5,18 | 11,4 | 4,8 | 4,02 | 4,19 | 0,29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,748 | | | | | | | |
| 27 | Таким образом индекс звукоизоляции | | | | | | | 50,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

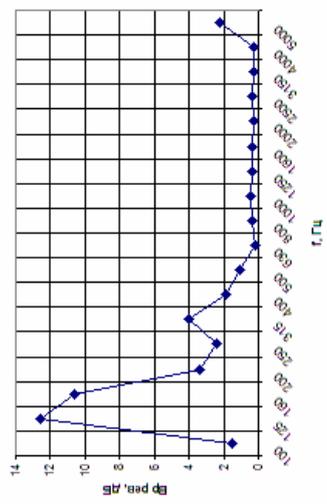
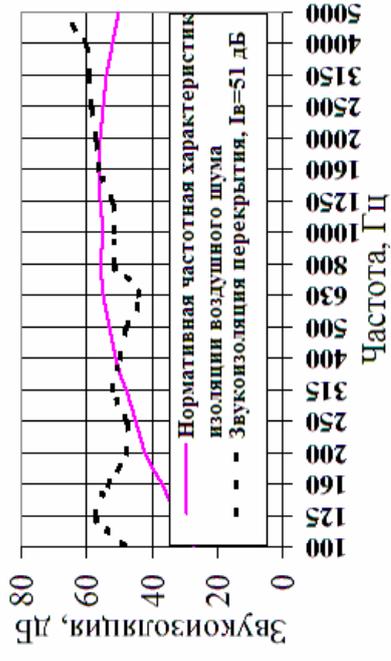


Рисунок 7.1 – Рабочее поле обработки результатов измерения в программе Excel

Таблица 7.1 – Таблица частот

| | | | | | | | | |
|----------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| частота | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| вр рев | 0,64 | 0,6 | 0,52 | 0,44 | 0,44 | 0,56 | 0,48 | 0,52 |
| частота | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
| вр рев | 0,48 | 0,52 | 0,44 | 0,48 | 0,52 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |

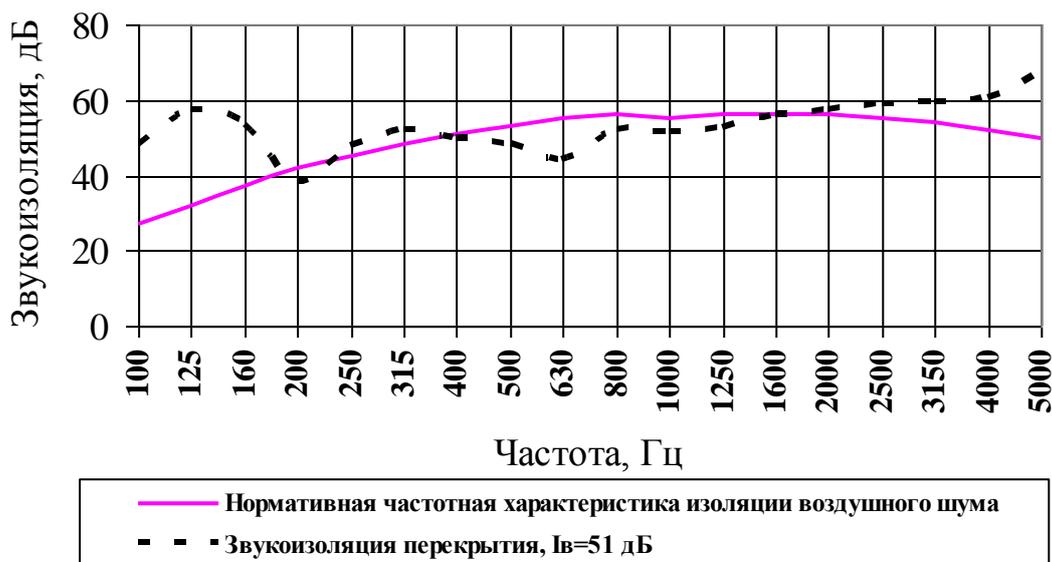


Рисунок 7.2 – График измеренной звукоизоляции

Контрольные вопросы

1. Что такое индекс изоляции воздушного шума?
2. Что такое частотная характеристика изоляции воздушного шума?
3. Что такое изоляция воздушного шума (звукоизоляция)?
4. Есть ли разница между звукоизоляцией и звукопоглощением?
5. Для чего проводят измерение звукоизоляции ограждающих конструкций?
6. Какая аппаратура используется при измерении звукоизоляции ограждающих конструкций?
7. В чем заключается методика измерения звукоизоляции ограждающих конструкций?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О концепции снижения шума и вибрации в городе Москве [Текст]/Постановление правительства Москвы от 16.10.2007 г. № 896-ПП.
2. Боганик А. Повышение звукоизоляционных характеристик перегородок [Текст]/ Технологии строительства. 2002. - №4. - С.26-29.
3. ГОСТ 27296-87 Звукоизоляция ограждающих конструкций [Текст]: – М.: Издательство стандартов, 1987 15с.
4. Иголкин А.А. Определение времени реверберации в помещении [Текст]: метод. указ./ А.А. Иголкин, Л.В. Родионов, Е.В. Шахматов. – Самара 2009. – 22 с.
5. СНИП 23 -03-2003 Защита от шума [Текст]: 2003 39 с.
6. СНИП II-12-77 Защита от шума [Текст]: 1977.- 73 с.
7. Мунин А.Г. Шум в салонах пассажирских самолетов [Текст]: Авиационная акустика / А.Г. Мунин, Б.М. Ефимцов, Н.Н. Морозова. – М.: Машиностроение, 1986.-264 с.
8. ГОСТ 27296-87 Звукоизоляция ограждающих конструкций Методы измерения [Текст] - М.: Издательство стандартов, 1987. – 15с.
9. Лившиц А. Я. Звукоизоляция ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с использованием новейших звукоизоляционных материалов [Текст] (доклад на семинаре). А. Я. Лившиц, А. Г. Боганик.
- 10.Осипов Л.Г. Звукоизоляция и звукопоглощение [Текст]:учебное пособие для вузов/Л.Г. Осипов, В.Н. Бобылев, Л.А. Борисов. – М.: Астрель, 2004.- 450 с.
- 11.Иванов Н.И. Основы виброакустики [Текст]: А.С. Никифоров, Учебник для вузов – СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.: ил.
- 12.Боголепов И. И. Промышленная звукоизоляция [Текст]. – Л.: Судостроение, 1986. – 368 с.

Учебное издание

**ИЗМЕРЕНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ**

Методические указания

Составитель *Иголкин Александр Алексеевич*
Родионов Леонид Валерьевич
Шахматов Евгений Владимирович

Компьютерная верстка Трусов А.Е., Сафина А.Р., Лысенкова Н.Ю.

Самарского государственного
аэрокосмического университета
443086, Московское шоссе, 34.