

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Дроздова Л.Ф.¹, Кирпичников В.Ю.², Кудаев А.В.¹

Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (1),
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» (2)

Авторами проведено экспериментальное исследование ослабления шумовых сигналов при удалении от источника их возникновения, либо при прекращении его работы.

В основу исследования положены результаты измерений уровней звукового давления, выполненных в здании с производственными (мастерские) и лабораторными помещениями при работе в одном из них источника шума.

1. Методика проведения исследований

Экспериментальное исследование акустических характеристик производственных помещений производилось в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц. Значения измеряемых параметров шума определены в третьоктавных (преимущественно) или в октавных полосах частот

Степень ослабления уровней шума при его распространении от источника по зданию (или в окружающую среду) зависит от многих физических и геометрических факторов, в том числе от акустических характеристик помещения, где находится источник, и помещений, через которые звуковая энергия распространяется от источника.

Важнейшей акустической характеристикой помещений является звукоизоляция строительных конструкций – ограждений помещений (стен, потолка, пола, перегородок и т.п.), преград на пути распространения звуковой энергии от ее источника.

Сведения о звукоизоляции строительных конструкций содержатся в большом числе работ отечественных и зарубежных авторов (см., например, /1–6/). В некоторых работах приведены методики измерения звукоизоляции. Вопросу испытаний звукоизоляции от воздушного шума между помещениями посвящен международный стандарт /3/.

По физической сути звукоизоляция строительной конструкции является акустическим параметром, количественно характеризующим прохождение звука сквозь препятствие на пути распространения звуковой энергии.

На практике обычно измеряют не звукоизоляцию, а перепад уровней звукового давления (УЗД), т.е. разницу между значениями УЗД в “шумном” и

“тихом” помещениях. По величине перепада и времени реверберации (временного затухания звука) в помещениях можно рассчитать звукоизоляцию и, наоборот, с использованием звукоизоляции – перепад УЗД при прохождении звука через строительную конструкцию.

В основу методики, использованной при измерениях величин ослабления уровней шума при его распространении от источника в здании, положены методические рекомендации по измерению перепада УЗД (условно звукоизоляции), содержащиеся в работах /1, 5/.

Суть методики сводится к следующему.

Источник шума последовательно устанавливается на различных расстояниях от поверхности и кромок ограждения, отделяющего озвучиваемое помещение от малозумного. В качестве мест установки источника шума выбираются точки, находящиеся в плоскостях, параллельных ранее указанному ограждению и расположенные от его поверхности (со стороны озвучиваемого помещения) на расстояниях 0,05, 0,25 и 1,0 м. В каждой из плоскостей выбираются три точки расположения геометрического центра источника звука – напротив середины испытываемого помещения, а также на расстоянии от нее, равном $0,5b$ – 1,0, м, где b – ширина ограждения. Расстояние источника шума от пола принимается во всех случаях равным 1,5 м.

Измерения уровней шума (звукового давления в октавных или третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 16 (31,5)–16000 Гц или 20–20000 Гц) в озвучиваемом помещении производятся в пяти точках. Все точки измерения находятся в плоскости, параллельной полу и расположенной от него на расстоянии 1,5 м. Одна из них (№ 1) совпадает с геометрическим центром соответствующего поперечного сечения объема помещения, а четыре другие находятся на диагоналях сечения при равном удалении от точки № 1 и от углов помещения. Точки № 2 и № 3 находятся при меньшем ($a/4$), а точки № 4 и № 5 – при большем ($3a/4$) расстоянии от испытанного ограждения.

Измерения октавных или третьоктавных уровней звукового давления в тихом помещении производятся также в пяти точках. Схема расположения точек измерения уровней шума в тихом помещении была аналогична ранее описанной схеме расположения точек измерения в шумном помещении.

В качестве максимальной, средней и минимальной величин ослабления акустического сигнала при его прохождении через ограждение принимается разница аналогичных величин октавных или третьоктавных уровней звукового давления в озвучиваемом и тихом помещениях.

2. Результаты экспериментального определения шумовых характеристик производственных помещений и их ограждений

План двух производственных помещений, в которых проводились измерения, с указанием точек контроля звукового давления и мест расположения акустической системы, приведен на рисунке 1.

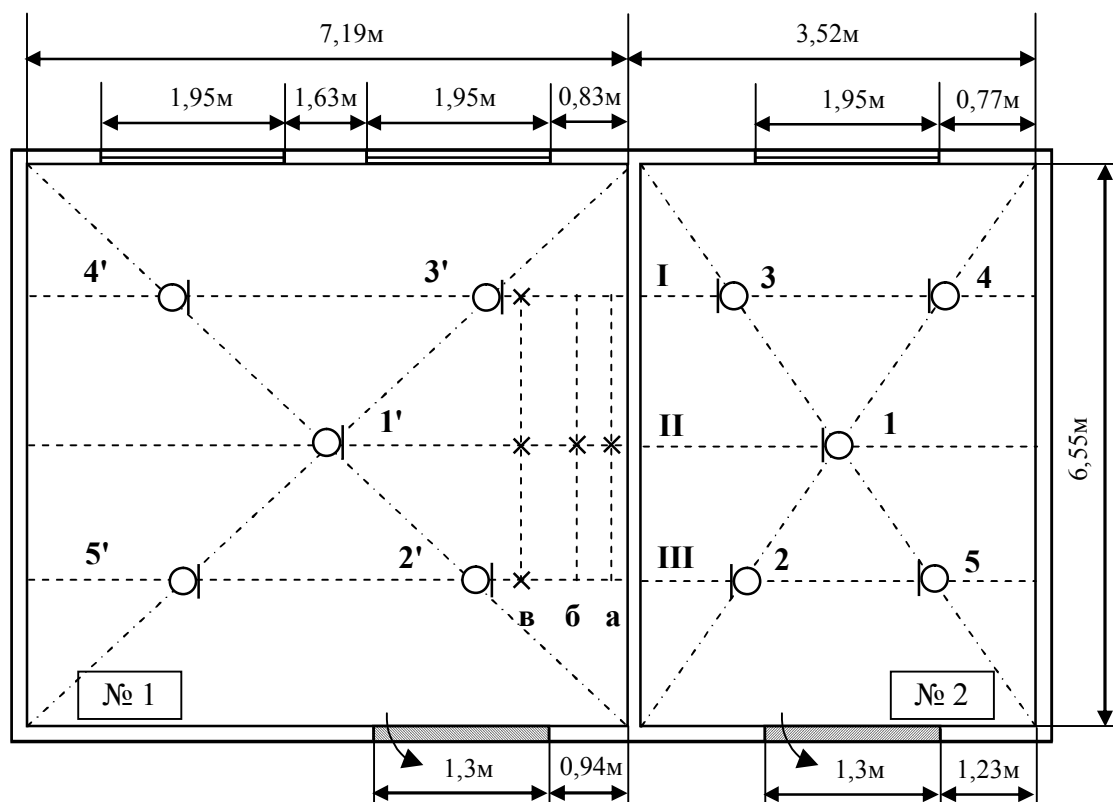


Рис. 1. Схема помещений с указанием точек измерения ВШ (а) и мест расположения акустической системы (х).

Акустическая система располагалась на расстояниях 0,05 м (а), 0,25 м (б) и 1,0 м (в) от стены между помещениями № 1 и № 2.

Анализ полученной информации показывает, что независимо от места нахождения акустической системы отклонение минимального и максимального значений от их средней величины в озвучиваемом помещении составляет в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5–250 Гц (± 3) дБ–(± 6) дБ и, как правило, порядка ± 2 дБ на более высоких частотах. С ростом частоты, как и следовало ожидать, звуковое поле в шумном помещении приближается к квазидиффузному. (Согласно формуле Майера нижняя частотная граница $f = \frac{10^3}{\sqrt[3]{V}}$ такого поля в озвучиваемом помещении имеет численное значение около 180 Гц, где V – объем помещения в м^3). В тихом помещении разброс между максимальным и минимальным значениями также уменьшается с ростом частоты. Однако в целом по спектру он несколько меньше аналогичного разброса в озвучиваемом помещении. Наибольшее различие уровней звукового давления в тихом помещении было зарегистрировано в частотной полосе 31,5 Гц. Именно в нее попадает низшая частота резонансных колебаний воздушного объема этого помещения (около 26 Гц). На более высоких частотах разброс максимального и минимального значений от их средней величины составил (± 1) дБ–(± 2) дБ. Полученный результат может быть объяснен примерно одинаковым уровнем шумоизлучения участков разделяющего

ограждения, что возможно в случае его сравнительно небольших габаритов при достаточно малых потерях колебательной энергии.

Величины ослабления шумового сигнала при его прохождении через оштукатуренную с двух сторон кирпичную кладку толщиной 125 мм, разделяющую шумное (№ 1) и тихое (№ 2) помещения, представляющие разности среднего, максимального и минимального значений октавных УЗД, приведены на рис. 2 и 3.

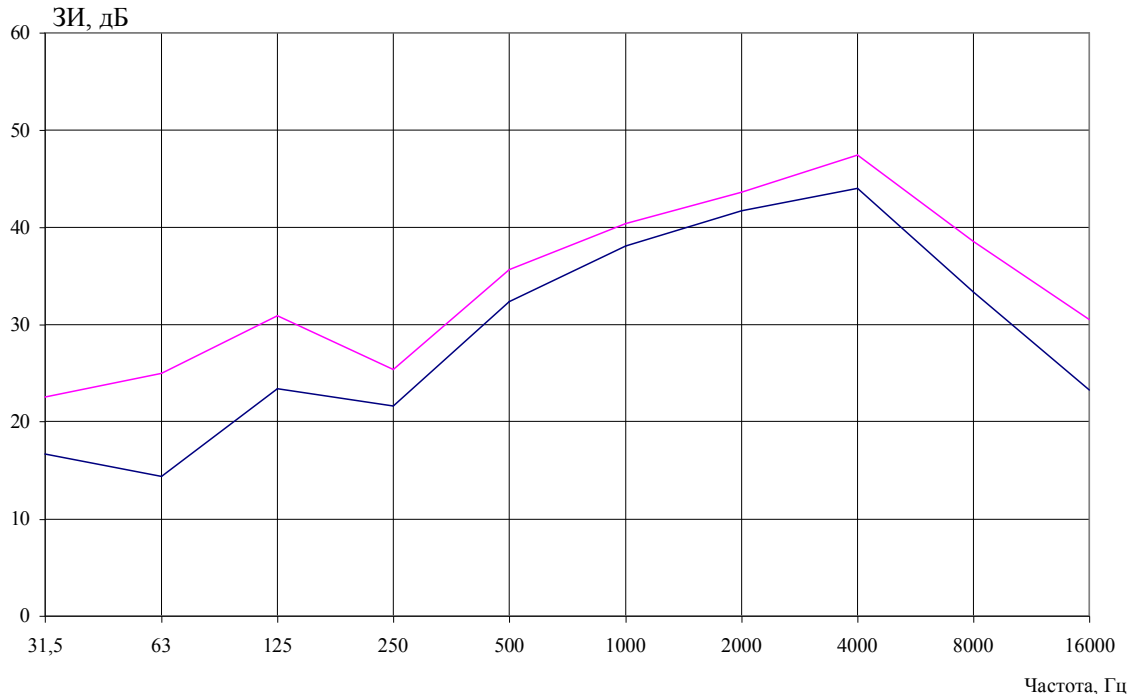


Рис. 2. Рукав величин ослабления акустического сигнала

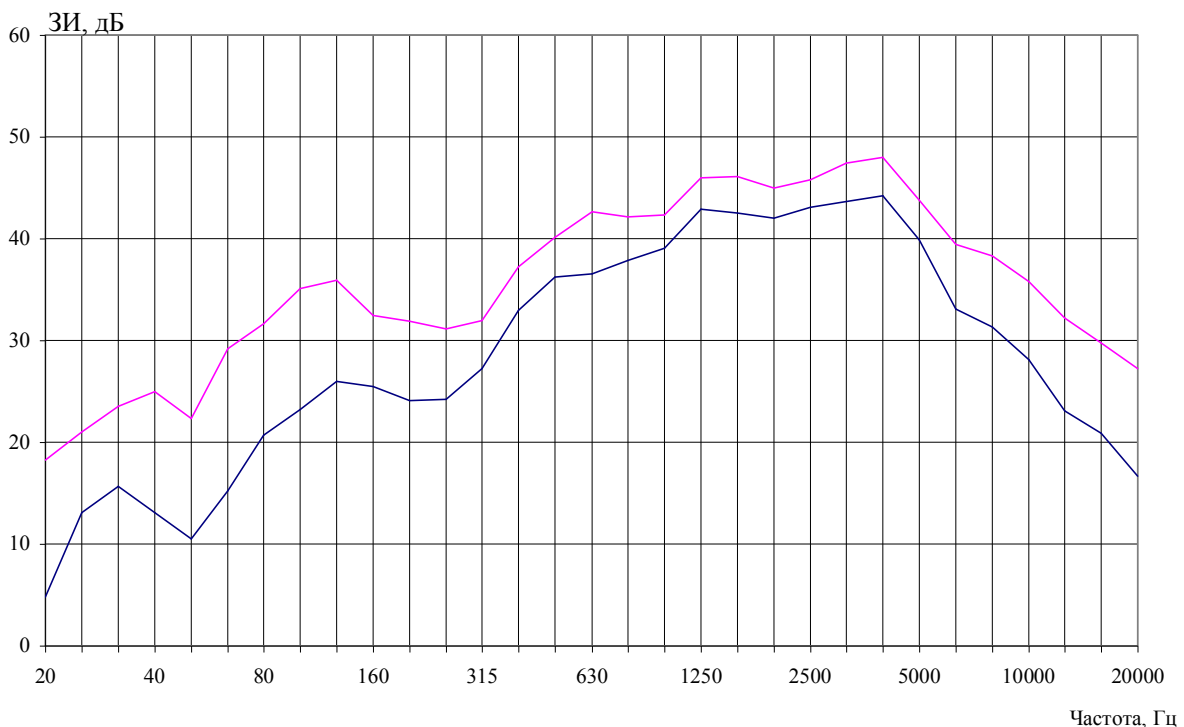


Рис. 3. Рукав величин ослабления акустического сигнала

Из рисунков видно, что разброс значений величин ослабления акустического сигнала Δ достаточно велик и мало зависит от частоты. Среднее, по частотным полосам, значение этого разброса составляет ~ 7 дБ. Понятно, что при проведении одноточечных измерений уровней шума в каждом из помещений, когда возможны варианты измерения максимального (минимального) уровня в шумном и минимального (максимального) уровня в тихом помещениях, различие величин ослабления акустического сигнала может оказаться еще большим.

План производственных помещений, в которых проводились подобные же измерения величин ослабления уровней шума (условно – звукоизоляции), с указанием точек контроля звукового давления и мест расположения акустической системы, приведен на рисунке 4. Акустическая система располагалась на расстояниях 0,05 м (а), 0,25 м (б) и 1,0 м (в) от стены между помещениями № 1 и № 2.

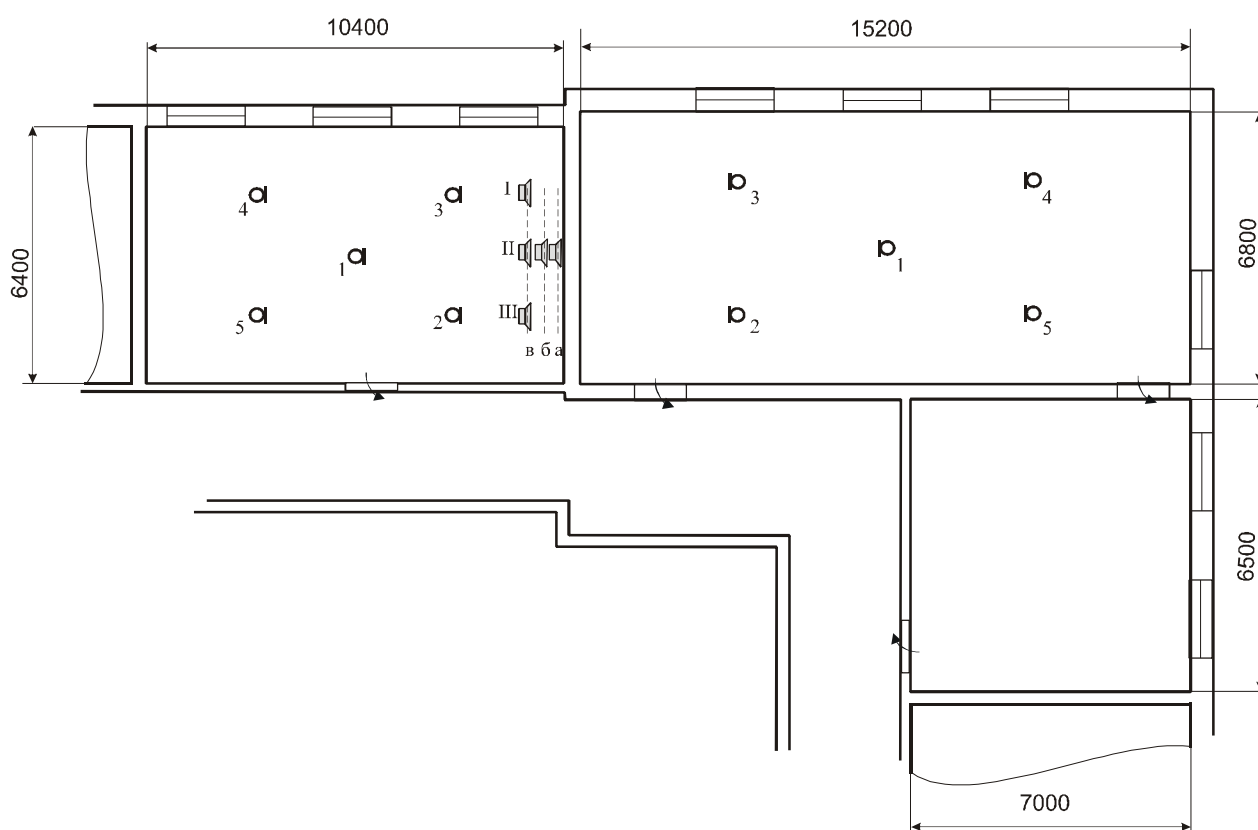



Рис. 4. Схема помещений с указанием точек измерения ВШ (а) и мест расположения акустической системы ()

Анализ полученной информации также показывает, что независимо от места нахождения акустической системы отклонение минимального и максимального значений от их средней величины в озвучиваемом помещении составляет в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5–250 Гц (± 2) дБ– (± 6) дБ и, как правило, порядка ± 2 дБ на более высоких частотах. С ростом частоты, как и в ранее описанном эксперименте, звуковое поле в шумном помещении приближается к квазидиффузному. В тихом помещении раз-

брос между максимальным и минимальным значениями также уменьшается с ростом частоты. Однако в целом по спектру он несколько меньше аналогичного разброса в озвучиваемом помещении. Наибольшее различие уровней звукового давления в тихом помещении было зарегистрировано в частотной полосе 63 Гц. На более высоких частотах разброс максимального и минимального значений от их средней величины составил (± 1) дБ– (± 2) дБ. Полученный результат может быть объяснен примерно одинаковым уровнем шумоизлучения участков разделяющего ограждения, что возможно в случае его сравнительно небольших габаритов при достаточно малых потерях колебательной энергии.

Частотные характеристики рукава шумового сигнала при его прохождении через оштукатуренную с двух сторон кирпичную кладку толщиной 360 мм, разделяющую шумное (№ 1) и тихое (№ 2) помещения, представляющие разности среднего, максимального и минимального значений октавных УЗД как и в предыдущем разделе приведены на рисунках 5 и 6.

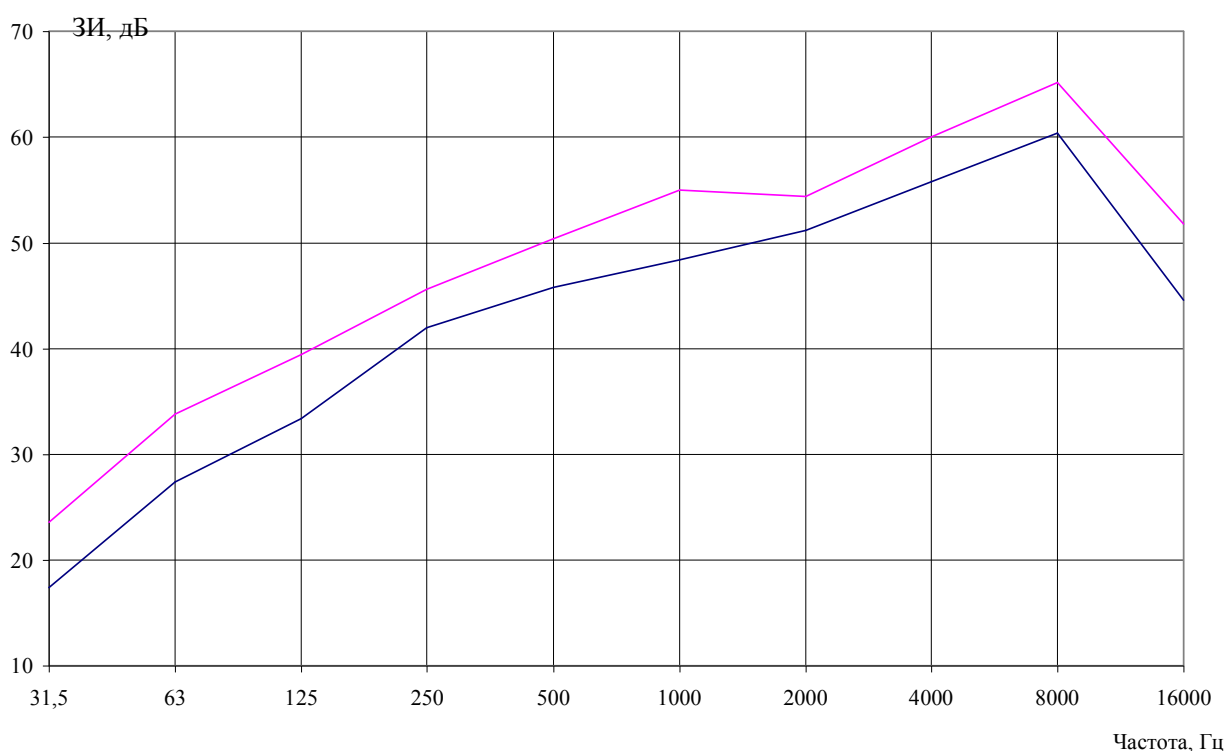


Рис. 5. Рукав величин ослабления акустического сигнала

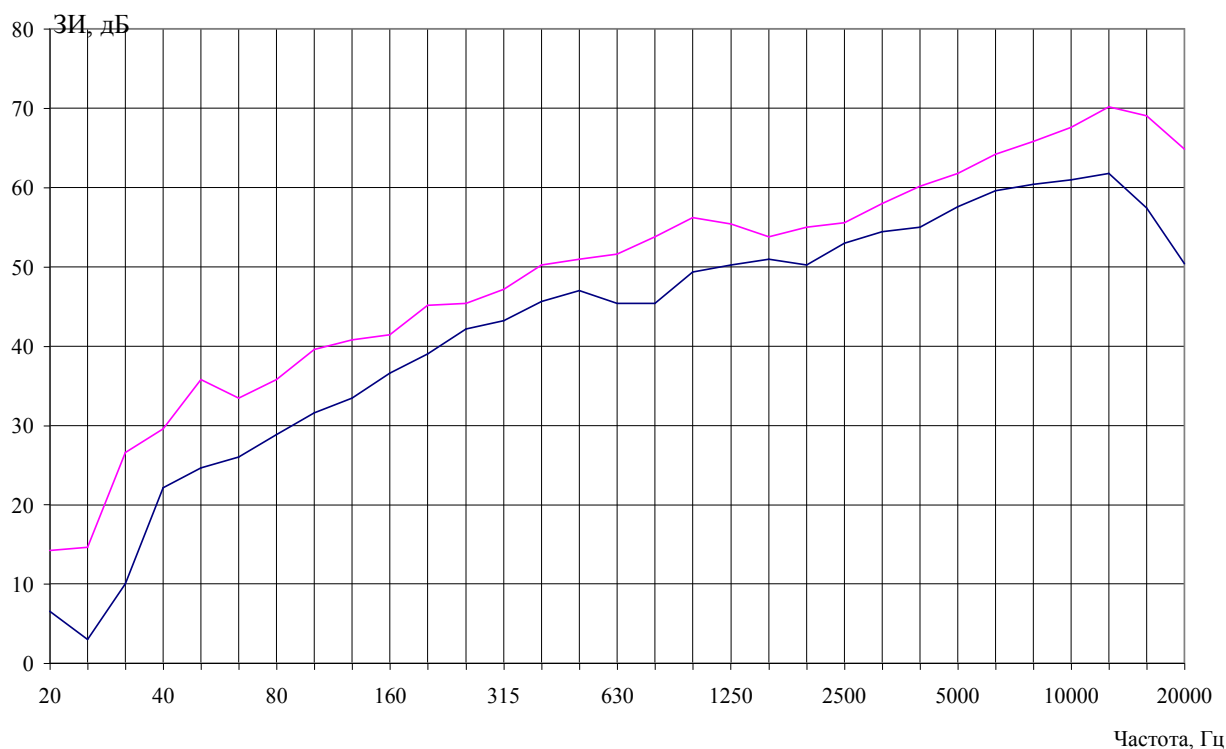


Рис. 6. Рукав величин ослабления акустического сигнала

Из рисунка видно, что разброс значений величин ослабления акустического сигнала Δ достаточно велик и мало зависит от частоты. Среднее, по частотным полосам, значение этого разброса, как и ранее, составляет ~ 7 дБ. Понятно, что при проведении одноточечных измерений уровней шума в каждом из помещений, когда возможны варианты измерения максимального (минимального) уровня в шумном и минимального (максимального) уровня в тихом помещениях, различие величин ослабления акустического сигнала может оказаться еще большим.

Заключение

К основным результатам выполненной работы можно отнести следующее:

Проведены измерения уровней шума в озвучиваемом и соседнем производственных помещениях (два варианта), разделенных оштукатуренной кирпичной стеной. В каждом из помещений уровни шума определены в пяти точках при таком же числе мест расположения источника шума (см. схему на рисунке 1).

С использованием результатов измерений шума определены величины ослабления средних, максимальных (условно – максимальная звукоизоляция) и минимальных (условно – минимальная звукоизоляция) уровней звукового давления в октавных (31,5 Гц – 16000 Гц) и третьоктавных (20 Гц–20000 Гц) полосах частот. Осредненные по месту расположения источника шума значения максимальной и минимальной звукоизоляции приведены на рисунках 3, 4 (первая группа помещений) и 6, 7 (вторая группа помещений, разделенных более

толстой стеной). В обоих случаях средняя по частотным полосам разница между соответствующими значениями звукоизоляции оказалась равной ~ 7 дБ.

Сделан вывод о высокой вероятности большой погрешности при определении условной звукоизоляции строительных конструкций по результатам одноточечных измерений уровней шума в каждом из помещений.

Литература

1. И.И.Боголепов. Промышленная звукоизоляция, Ленинград, Судостроение, 1986.
2. ГОСТ 15116-79. Шум. Методы измерения звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций зданий
3. ИСО 140/IV-78. Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и строительных элементах. Часть IV. Испытания звукоизоляции от воздушного шума между комнатами, проводимые на месте.
4. ИСО 717/-82. Акустика. Основы звукоизоляции в зданиях и элементах зданий. Часть I. Изоляция воздушного шума в зданиях и внутренних элементах зданий.
5. Э.В.Ретлинг. Исследование звукоизоляции ограждающих конструкций зданий и ее повышение. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Волгоградская государственная архитектурно-строительная академия, Нижний Новгород, 1999.
6. А.М.Сенан. Звукоизоляция междуэтажных перекрытий гражданских зданий. Кубанский государственный технологический университет. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Краснодар, 2007.