

УДК 534.2:681.84

*А.Е. Жданов, И.В. Матвеева**

**ХАРАКТЕР ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА ОТ ОГРАЖДЕНИЙ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАС-
ПРЕДЕЛЕНИЕ ЗВУКОВОЙ ЭНЕРГИИ В ПОМЕЩЕНИЯХ**

* Работа выполнена под руководством проф. В.И. Леденева.

ОТРАЖЕНИЕ ЗВУКА ОТ ОГРАЖДАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОМЕЩЕНИЙ ПРОИСХОДИТ ПО СЛОЖНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ЗАВИСИМОСТЯМ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫМ ФОРМОЙ ПОВЕРХНОСТИ, СТРУКТУРОЙ МАТЕРИАЛА ОГРАЖДЕНИЯ, УГЛОМ ПАДЕНИЯ И ЧАСТОТОЙ ЗВУКОВЫХ ВОЛН.

В ОБЩЕМ ВИДЕ ОПИСАНИЕ ТАКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ СЛОЖНО И ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ НЕ ПРИЕМЛЕМО. БОЛЕЕ ИДЕАЛИЗИРОВАНО ХАРАКТЕР ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА ОТ ОГРАЖДЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТРУКТУРЫ ИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МОЖНО ПРЕДСТАВИТЬ В ВИДЕ НЕСКОЛЬКИХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ. ПРИ ОТРАЖЕНИИ ЗВУКА ОТ ОБЛАДАЮЩИХ НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫМ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЕМ ПОВЕРХНОСТЕЙ, РАЗМЕРЫ НЕРОВНОСТЕЙ КОТОРЫХ МАЛЫ ПО СРАВНЕНИЮ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ, НАБЛЮДАЕТСЯ *ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТРАЖЕНИЕ*, ХАРАКТЕРИЗУЕМОЕ НЕИЗМЕННОСТЬЮ ФРОНТА ВОЛНЫ ПОСЛЕ АКТА ОТРАЖЕНИЯ И РАВЕНСТВОМ УГЛОВ ПАДЕНИЯ И ОТРАЖЕНИЯ. ЕСЛИ РАЗМЕРЫ НЕРОВНОСТЕЙ СОИЗМЕРИМЫ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ ИЛИ ПРЕВЫШАЮТ ЕЕ, НАЧИНАЕТ ПРОЯВЛЯТЬСЯ ЭФФЕКТ ЧАСТИЧНОГО РАССЕИВАНИЯ ЗВУКА ПРИ ОТРАЖЕНИИ. В ЭТОМ СЛУЧАЕ ХАРАКТЕР ОТРАЖЕНИЯ *НАПРАВЛЕННО-РАССЕЯННЫЙ*, ПРИ КОТОРОМ ОСЬ ОТРАЖЕННОГО ПУЧКА ЛУЧЕЙ НАПРАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ЗАКОНОМ ЗЕРКАЛЬНОГО ОТРАЖЕНИЯ, ОДНАКО ТЕЛЕСНЫЙ УГОЛ ОТРАЖЕНИЯ УВЕЛИЧЕН ЗА СЧЕТ РАССЕЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ ПОВЕРХНОСТИ. ОТРАЖЕНИЕ ЗВУКА ОТ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДЕНИЯ МОЖЕТ ТАКЖЕ РАССМАТРИВАТЬСЯ КАК ИЗЛУЧЕНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕР ДЕЙСТВИЯ КОТОРЫХ АНАЛОГИЧЕН ИЗЛУЧЕНИЮ ПОРШНЯ. С ОПРЕДЕЛЕННОЙ СТЕПЕНЬЮ ИДЕАЛИЗАЦИИ ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ ЗВУКА, ОТРАЖЕННОГО ОТ ТАКОГО МАТЕРИАЛА, АПРОКСИМИРУЕТСЯ КОСИНУСНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ (ЗАКОНОМ ЛАМБЕРТА) $I(\theta) = I_0 \cos \theta$. ДАННЫЙ ВИД ОТРАЖЕНИЯ НАЗЫВАЕТСЯ *ДИФFUЗНЫМ ОТРАЖЕНИЕМ*. В РЯДЕ СЛУЧАЕВ НАБЛЮДАЕТСЯ *СМЕШАННОЕ ОТРАЖЕНИЕ*, ПРИ КОТОРОМ ПРОЯВЛЯЮТСЯ ОДНОВРЕМЕННО СВОЙСТВА ДИФFUЗНОГО И НАПРАВЛЕННОГО ОТРАЖЕНИЙ. РЕАЛИЗАЦИЯ ТАКОЙ СИТУАЦИИ СОПРЯЖЕНА С ТРУДНОСТЯМИ РАЗДЕЛЕНИЯ ОТРАЖЕННОГО ЗВУКА НА ЗЕРКАЛЬНУЮ И РАССЕЯННУЮ СОСТАВЛЯЮЩИЕ.

В ХАРАКТЕРЕ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА ОТ РЕАЛЬНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ВСЕГДА ИМЕЕТСЯ ЗНАЧИТЕЛЬНАЯ СТЕПЕНЬ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ. СЛОЖНОСТЬ УЧЕТА ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА ПРИВЕЛА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ДВУХ ИЗ ВСЕХ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ ВЫШЕ МОДЕЛЕЙ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА – ЗЕРКАЛЬНОГО И РАССЕЯННОГО ПО ЗАКОНУ ЛАМБЕРТА. ОЧЕВИДНО, ЧТО ОБЕ МОДЕЛИ ЯВЛЯЮТСЯ ПРИБЛИЖЕННЫМИ И, СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ПРЕЖДЕ ЧЕМ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ИХ В РАСЧЕТНЫХ МЕТОДАХ НЕОБХОДИМО ВЫЯВИТЬ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОСТЬ ТОЙ ИЛИ ИНОЙ МОДЕЛИ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА ДЛЯ РЕАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.

ОЦЕНИТЬ АДЕКВАТНОСТЬ МОДЕЛИ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА ДЕЙСТВИТЕЛЬНОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ЗВУКОВОЙ ЭНЕРГИИ В ПОМЕЩЕНИИ ВОЗМОЖНО ПУТЕМ СРАВНЕНИЯ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ, ВЫЧИСЛЕННЫХ ПРИ РАЗНЫХ МОДЕЛЯХ ОТРАЖЕНИЯ, С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ. ДЛЯ ЭТОГО НЕОБХОДИМ МЕТОД РАСЧЕТА УРОВНЕЙ, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ ОДНОВРЕМЕННО РЕАЛИЗОВАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ МОДЕЛИ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА. ТАКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИМЕЕТ МЕТОД ПРОСЛЕЖИВАНИЯ ЛУЧЕЙ, СУТЬ КОТОРОГО ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ПРОСЛЕЖИВАНИИ ТРАЕКТОРИЙ И ЭНЕРГИЙ НАБОРА L ЛУЧЕЙ, ИСПУСКАЕМЫХ ИСТОЧНИКОМ. МЕТОД ВОЗМОЖНО ПРИМЕНЯТЬ ПРИ РАСЧЕТАХ УРОВНЕЙ, ИСПОЛЬЗУЯ КАК ЗЕРКАЛЬНУЮ, ТАК И РАССЕЯННУЮ МОДЕЛИ ОТРАЖЕНИЯ. В РАМКАХ МЕТОДА ПРОСЛЕЖИВАНИЯ ЛУЧЕЙ ВЫПОЛНЕНА ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ЗЕРКАЛЬНОЙ И ДИФFUЗНОЙ МОДЕЛЕЙ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА УСЛОВИЯМ ОТРАЖЕНИЙ В РЕАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ. ОЦЕНКА ВЫПОЛНЕНА ПУТЕМ СРАВНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ УРОВНЕЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ В ЭТИХ ПОМЕЩЕНИЯХ. В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРА НА РИС. 1 – 3 ПРИВЕДЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ И ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ ТРЕХ ХАРАКТЕРНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ. НА РИС. 1 ДАНО СРАВНЕНИЕ

РАСЧЕТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В МОДЕЛЬНОМ ПОМЕЩЕНИИ ИЗ ОРГСТЕКЛА С ЗЕРКАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРОМ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА. НА РИС. 2 И 3 ПРИВЕДЕНЫ ДАННЫЕ ДЛЯ ДЛИННОГО КОРИДОРА УЧЕБНОГО КОРПУСА ТГТУ И ПЛОСКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ С ДИФFUЗНЫМ ХАРАКТЕРОМ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА.

ВЫПОЛНЕННЫЕ РАСЧЕТЫ УКАЗЫВАЮТ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ РАСХОЖДЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЛЯ РЕАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗЕРКАЛЬНОЙ И ДИФFUЗНОЙ МОДЕЛЕЙ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА. В СЛУЧАЕ ЗЕРКАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТНЫЕ УРОВНИ РАСПОЛАГАЮТСЯ НИЖЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ В БЛИЖНЕЙ К ИСТОЧНИКУ ЗОНЕ И ВЫШЕ В ДАЛЬНЕЙ, ТО ЕСТЬ ФОРМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И РАСЧЕТНЫХ КРИВЫХ НЕ СОВПАДАЮТ. ФОРМА РАСЧЕТНЫХ КРИВЫХ ПРИ ДИФFUЗНОЙ МОДЕЛИ БОЛЕЕ БЛИЗКА К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КРИВОЙ. В ПОМЕЩЕНИЯХ С ГЛАДКИМИ, ХОРОШО ОТРАЖАЮЩИМИ ЗВУК ПОВЕРХНОСТЯМИ, В ДАННОМ СЛУЧАЕ В МОДЕЛЬНОМ ПОМЕЩЕНИИ, ПРИ ЗЕРКАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТНАЯ КРИВАЯ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО ПОВТОРЯЕТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНУЮ.

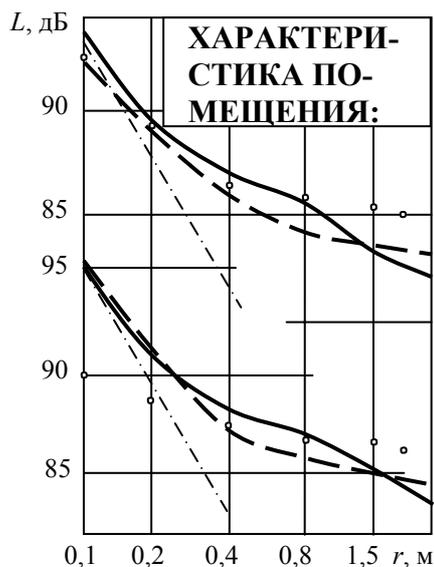


Рис. 1 Экспериментальные и расчетные уровни звукового давления в модельном помещении:

- сплошные линии — отражение по Ламберту;
- штриховые линии — зеркальное отражение;
- штрихпунктирные линии — прямой звук;
- кружки — экспериментальные данные



Рис. 2 Экспериментальные и расчетные уровни звукового давления в плоском производственном помещении:

- сплошные линии — отражение по Ламберту;
- штриховые линии — зеркальное отражение;
- штрихпунктирные линии — прямой звук;
- кружки — экспериментальные данные

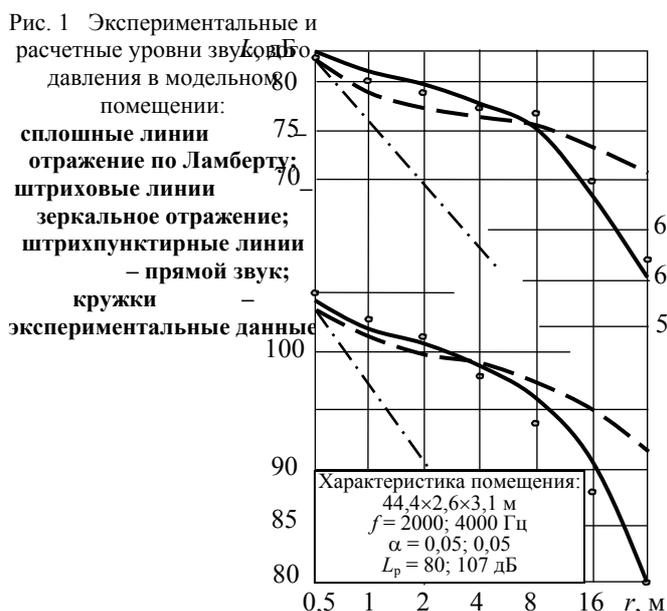


Рис. 3 Экспериментальные и расчетные уровни звукового давления в длинном помещении:

- сплошные линии — отражение по Ламберту;
- штриховые линии — зеркальное отражение;
- штрихпунктирные линии — прямой звук;
- кружки — экспериментальные данные

В ЦЕЛОМ РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННЫХ РАСЧЕТОВ УРОВНЕЙ ШУМА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ И ИХ СРАВНЕНИЕ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ ПОКАЗАЛИ, ЧТО В РЕАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ РАСЧЕТОВ УРОВНЕЙ ШУМА СЛЕДУЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ, В ОСНОВЕ КОТОРЫХ ЛЕЖАТ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ДИФFUЗНОМ ХАРАКТЕРЕ ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА. К НИМ, В ЧАСТ-

НОСТИ, ОТНОСЯТСЯ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ШУМОВЫХ ПОЛЕЙ [1].

Список литературы

- 1 Леденев В.И. Статистические энергетические методы расчета шумовых полей при проектировании производственных зданий. – Тамбов: Изд-во Тамб гос. техн. ун-та. 2000. С.156.

Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»