



П.А. Быстров
Вологодский государственный университет

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО И УДАРНОГО ШУМОВ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С ПЛАВАЮЩИМИ ПОЛАМИ

В данной статье представлен вероятностный анализ влияния толщины стяжки на индексы изоляции воздушного и ударного шума в междуэтажных перекрытиях с плавающими полами. Исследование охватывает генерацию 10 000 значений толщины стяжки в диапазоне от 30 до 50 мм с использованием метода Монте-Карло, математическое моделирование акустических характеристик и статистический анализ результатов.

Плавающие полы, толщина стяжки, изоляция воздушного шума, изоляция ударного шума, звукоизоляционные материалы.

Проблема звукоизоляции междуэтажных перекрытий является одной из ключевых при проектировании жилых зданий. Представляя собой горизонтальные конструкции, разделяющие пространство здания по высоте на этажи, перекрытия изолируют внутренние пространства друг от друга. Поэтому к ним предъявляются высокие требования по звукоизоляции от воздушного и ударного шума.

В соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [1] для жилых, общественных зданий, а также для вспомогательных зданий производственных предприятий определены нормативные индексы изоляции воздушного шума ограждающих конструкций (R_w , дБ) и приведенные уровни ударного шума перекрытий (L_{nw} , дБ) при передаче звука сверху вниз. В таблице представлены некоторые требования к значениям таких индексов в жилых зданиях.

Одним из эффективных решений для повышения уровня звукоизоляции является использование конструкций с так называемыми «плавающими» полами.

«Плавающий» пол представляет собой конструкцию, которая не имеет жесткого контакта с несущими

элементами здания, что позволяет значительно снизить передачу вибраций и структурных шумов. Однако несмотря на теоретическую эффективность таких систем, их реальная работа может зависеть от множества факторов, таких как:

- толщина слоя изоляционного материала;
- плотность и упругость основания под плавающим полом;
- качество стыковки элементов конструкции;
- частота воздействия звукового сигнала.

Для оценки эффективности звукоизоляционных свойств «плавающих» полов необходимо использовать именно вероятностный подход к анализу изоляции воздушного и ударного шумов, который учитывает возможные отклонения от идеальных условий эксплуатации.

В данной статье с помощью функции распределения вероятности представлен расчет, по результатам которого можно оценить влияние увеличения толщины стяжки на индекс звукоизоляции воздушного и индекс приведенного уровня ударного шума конструкций.

Таблица

Требуемые нормативные индексы изоляции воздушного шума ограждающих конструкций жилых зданий и приведенные уровни ударного шума перекрытий при передаче звука сверху вниз

Наименование и расположение ограждающей конструкции	R , дБ	L , дБ
1. Перекрытия между помещениями квартир и перекрытия, отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений	52	60
2. Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами	57	60
3. Перекрытия между комнатами в квартире в двух уровнях	45	63

Вероятностный анализ позволяет учитывать неопределенности, связанные с изменением параметров конструкции, таких как толщина стяжки. Использование методов статистического моделирования, таких как метод Монте-Карло, позволяет получить распределение индексов звукоизоляции и оценить их чувствительность к изменению толщины стяжки.

Определяем частоту резонанса для индекса изоляции воздушного шума по формуле:

$$f_p = 0,16 \cdot \sqrt{\frac{E_d \cdot (m_1 + m_2)}{d \cdot m_1 \cdot m_2}}, \quad (1)$$

где m_1, m_2 – поверхностные плотности, кг/м²;

d – толщина прокладки в обжатом состоянии, м;

E_d – динамический модуль упругости материала заполнения, Па.

Определяем частоту резонанса для индекса изоляции воздушного шума по формуле:

$$f_0 = 0,16 \cdot \sqrt{\frac{E_d}{d \cdot m_2}}.$$

Для проведения анализа было сгенерировано 10 000 значений толщины стяжки со средним значением 40 мм и среднеквадратическим отклонением 3 мм и 5 мм с использованием нормального распределения. Это позволило учесть все возможные варианты толщины стяжки в заданном диапазоне.

Результаты моделирования показали, что с увеличением толщины стяжки индекс изоляции воздушного шума возрастает. Это объясняется увеличением массы конструкции, что согласуется с законом масс в акустике (рис. 1). Однако прирост замедляется при толщине стяжки более 40 мм, что связано с насыщением акустических свойств системы.

Индекс приведенного уровня ударного шума уменьшается с увеличением толщины стяжки (рис 2). Это обусловлено улучшением демпфирующих свойств системы и снижением передачи вибраций через стяжку. Однако эффект снижения также замедляется при толщине стяжки более 40 мм.

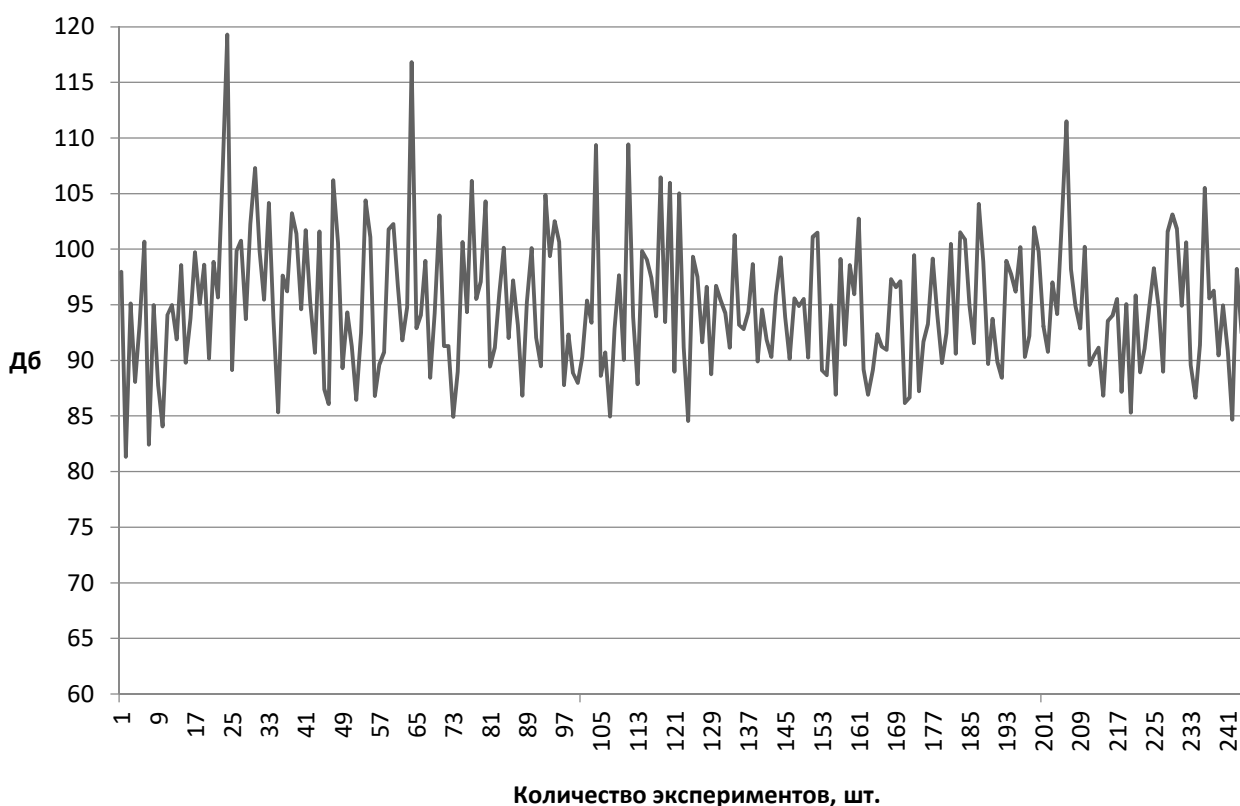


Рис. 1. Результаты генерации случайных величин с параметрами 40 мм ± 3 мм

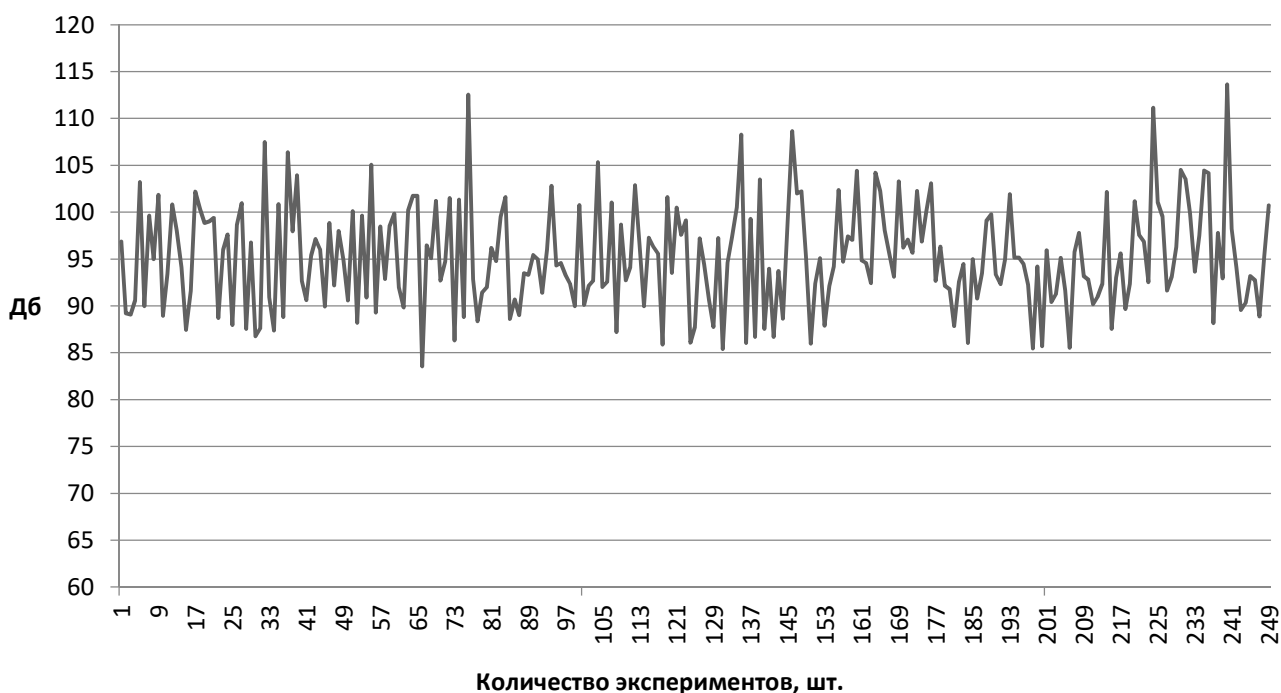


Рис. 2. Результаты генерации случайных величин с параметрами $40 \text{ мм} \pm 5 \text{ мм}$

Таким образом, вероятностный анализ показал, что толщина стяжки оказывает значительное влияние на индексы изоляции воздушного и ударного шума в междуэтажных перекрытиях с плавающими полами. Увеличение толщины стяжки до 40 мм приводит к существенному улучшению звукоизоляционных свойств, однако дальнейшее увеличение толщины дает меньший эффект. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации конструкций перекрытий с целью достижения требуемых акустических характеристик.

Литература

1. СП 51.13330.2011. Свод правил. Защита от шума: актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 : утвержден Минрегионом РФ 28.12.2010 № 825 : введен 20.05.2011. – Москва : ФГУП ЦПП, 2011. – 46 с.

2. СП 23-103-2003. Свод правил. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий : утвержден Госстроем России 25.12.2003 № 217 : введен 25.12.2003. – Москва : ФГУП ЦПП, 2004. – 72 с.

3. СП 275.1325800.2016. Свод правил. Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции: утв. Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 16.12.2016 № 950/пр. : введен 17.06.2017. – Москва, 2016. – 74 с.

4. Соловьев, С. А. Надежность строительных конструкций: история, анализ, прогноз / С. А. Соловьев, А. А. Соловьева. – Москва : Издательство АСВ, 2025. – 468 с.

P.A. Bystrov
Vologda State University

PROBABILISTIC ANALYSIS OF AIR AND IMPACT NOISE INSULATION IN INTER-FLOOR CONSTRUCTIONS WITH FLOATING FLOORS

This article presents a probabilistic analysis of the effect of screed thickness on the insulation indices of air and impact noise in floor-to-floor ceilings with floating floors. The study covers the generation of 10,000 values of screed thickness in the range from 30 to 50 mm using the Monte Carlo method, mathematical modeling of acoustic characteristics and statistical analysis of the results.

Floating floors, screed thickness, air noise insulation, impact noise insulation, sound insulation materials.