

Шнытко С.Д.

АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ В КАРКАСНЫХ ЗДАНИЯХ НОВЫХ СИСТЕМ

Введение

В настоящее время наряду с крупнопанельным домостроением идет интенсивное строительство жилых домов новых конструктивных систем на основе сборно-монолитного и монолитного каркаса [1].

При проектировании жилого дома, его деталей и конструкций должен быть сформирован комплекс функциональных и эксплуатационных качеств, которые определяются архитектурно-планировочными и конструктивными решениями, и достигнута технико-экономическая эффективность проекта в целом. В этом комплексе звукоизоляция должна занимать одно из важных мест. Необходимость обеспечения акустического комфорта помещений решающим образом влияет на выбор конструкции междуэтажного перекрытия.

Чтобы найти оптимальное решение, нужно иметь возможность быстро оценить большое число проектных вариантов междуэтажных перекрытий, обеспечивающих требуемые показатели звукоизоляции – индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ и индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием L_{nw} , дБ, для чего необходимы достаточно надежные и в то же время простые практические методы расчета звукоизоляции [2].

Проектируемые междуэтажные перекрытия в жилых домах новых каркасных систем, с точки зрения звукоизоляции, относятся к акустически однородным и акустически неоднородным перекрытиям [3].

К акустически однородным относятся междуэтажные перекрытия, состоящие из несущей части перекрытия и напольного покрытия, которые под воздействием звуковой энергии совершают изгибные колебания как единое целое без отличий в амплитуде или фазе. Звуковые волны, падающие на перекрытие, приводят его в колебательное движение. На низких частотах вблизи частот собственных колебаний перекрытия возникают резонансные явления, и звукоизоляция во многом зависит от внутреннего трения в материале перекрытия, на более высоких частотах колебательное движение перекрытия определяется в основном его массой.

Индекс изоляции воздушного шума акустически однородных междуэтажных перекрытий зависит от эквивалентной поверхностной площади m_s , кг/м² и коэффициента звукоизоляционной эффективности перекрытия K и определяется по формулам [4]

$$R_w = 13 \lg m_s + 15 \quad \text{при } 100 \leq m_s \leq 200 \text{ кг/м}^2, \quad (1)$$

$$R_w = 23 \lg m_s - 8 \quad \text{при } 200 \leq m_s \leq 1000 \text{ кг/м}^2, \quad (2)$$

где $m_s = m_n \cdot K$ – эквивалентная поверхностная площадь, кг/м².

Коэффициент K для сплошной конструкции плотностью $\rho \geq 1800$ кг/м³ и плит сплошного сечения из бетона с плотностью $\rho = 2200$ кг/м³ равен $K = 1$ [4].

Для конструкций сплошного сечения из бетона с плотностью $\rho < 2200$ кг/м³ коэффициент K определяют по формуле [4]

$$K = 0,72 \left(E / \rho^3 \right)^{0,5} \quad (3)$$

для конструкций с пустотами круглого сечения из бетона с плотностью $\rho \geq 2200$ кг/м³ по формуле [4]

$$K = \left(12I / h_{np}^3 \right)^{0,25} \quad (4)$$

для бетонных конструкций плотностью $\rho < 2200$ кг/м³ с пустотами круглого сечения по формуле [4]

$$K = 0,72 \left(E / \rho^3 \right)^{0,5} \left(12I / h_{np}^3 \right)^{0,25}, \quad (5)$$

где в формулах (3)-(5) E – динамический модуль упругости бетона, Па; ρ – плотность бетона, кг/м³; I – момент инерции сечения шириной $b = 1$ м, м³; h_{np} – приведенная толщина сечения, м.

Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , дБ, под акустически однородным междуэтажным перекрытием определяется по формуле [4]

$$L_{nw} = L_{nw \text{ н.ч.}} - \Delta L_{nw}, \quad (6)$$

где ΔL_{nw} – индекс снижения приведенного уровня ударного шума, дБ, чистым полом; $L_{nw \text{ н.ч.}}$ – индекс приведенного уровня ударного шума несущей части перекрытия, дБ, определяемый:

- для сплошных плит по формуле [4]

$$L_{nw \text{ н.ч.}} = 131 - 22 \lg m_1 \quad \text{при } 100 \leq m_1 \leq 600; \quad (7)$$

- для пустотных плит по формуле [4]

$$L_{nw \text{ н.ч.}} = 131 - 22 \lg m_1 + 10 \lg (h / h_{np}) \quad \text{при } 100 \leq m_1 \leq 600, \quad (8)$$

где в формулах (7) и (8) m_1 – поверхностная плотность плиты перекрытия, кг/м²; h и h_{np} – полная и приведенная толщины пустотной плиты.

Вышеописанная методика определения акустических свойств акустически однородных междуэтажных перекрытий хорошо согласуется с результатами инструментальных исследований [5], чего в настоящее время нельзя сказать об акустически неоднородных междуэтажных перекрытиях.

К акустически неоднородным междуэтажным перекрытиям относятся так называемые перекрытия с плавающим полом, состоящие из несущей части перекрытия, звукоизоляционной прослойки, стяжки и напольного покрытия. Отдельные слои или элементы таких перекрытий совершают изгибные колебания, значительно различающиеся по амплитуде и фазе. Кроме того, при общем изгибном колебании перекрытия в звукоизоляционной прослойке основная доля звуковой энергии передается продольными колебаниями [6].

Прослойка считается звукоизоляционной, когда величина ее линейной динамической жесткости $S < 30 \cdot 10^7$ Па/м. Линейную динамическую жесткость прослойки определяют по формуле [6]

$$S = E_d / h_3, \quad (9)$$

где h_3 – толщина звукоизоляционной прослойки; E_d – динамический модуль упругости материала звукоизоляционной прослойки.

Изоляция воздушного шума акустически неоднородным

Шнытко Светлана Дмитриевна, заведующая лабораторией строительной акустики и вибрационной безопасности РУП «Институт БелНИИС».

Беларусь, РУП «Институт БелНИИС», 220114, г. Минск, ул. Ф. Скорины, 15^б.

перекрытием рассматривается как сумма изоляции воздушно-го шума акустически однородным перекрытием R_0 и изменения звукоизоляции ΔR полом [7]

$$R = R_0 + \Delta R, \text{ дБ.} \quad (10)$$

Акустически неоднородные перекрытия принимаются как система из двух масс m_1 и m_2 , не имеющих между собой жестких связей, т.е. соединенных безинерционной пружиной, и которая характеризуется линейной динамической жесткостью S . Одним из главных параметров такой системы является ее низшая собственная частота, определяемая по формуле [8]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{S \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}. \quad (11)$$

При возбуждении массы m_1 переменной силой, на частотах f , значительно меньших f_0 , колебания передаются массе m_2 так, как если бы две массы были жестко связаны между собой. В области частот, близких к f_0 , возникает резонанс и амплитуда колебаний системы резко возрастает без увеличения возбуждающей силы. На более высоких частотах происходит уменьшение колебаний массы m_2 по сравнению с колебаниями массы m_1 в большей степени, чем выше отношение f/f_0 .

Низшая собственная частота f_0 указывает область частот, в которой происходит резонанс акустически неоднородного перекрытия, и порой звукоизоляция становится ниже, чем у исходного акустически однородного перекрытия ($\Delta R < 0$). А также указывает область, в которой проявляются преимущества акустически неоднородного перекрытия – на частотах $f > 2f_0$ значение ΔR увеличивается с ростом частоты пропорционально $\lg(f/f_0)$.

Другими характеристиками акустически неоднородного перекрытия, влияющими на значение ΔR , являются граничные частоты $f_{сп1}$ и $f_{сп2}$ составляющих его слоев или элементов из твердых материалов, низшая собственная частота звукоизоляционной прослойки $f_{0П} = c_{П}/2h_{П}$, где $c_{П}$ – скорость продольных волн в материале звукоизоляционной прослойки, м/с, $h_{П}$ – толщина прослойки, м, при которой в прослойке в результате наложения прямой и отраженной от второго элемента конструкции продольных волн формируется стоячая волна. Резонанс, возникающий на частоте $f_{0П}$, также приводит к уменьшению ΔR .

Акустические свойства акустически неоднородных междуэтажных перекрытий теоретически исследованы различными авторами на протяжении многих лет, но до настоящего времени не существует единой методики, которая подтверждалась бы экспериментально [9]. Значительные трудности,

возникающие при решении этой задачи, вынуждали исследователей использовать те или иные упрощения – не учитывать косвенную передачу звука, рассматривать плиты, неограниченные в двух или одном направлении, пренебрегать массой звукоизоляционной прослойки и волновыми процессами в ней, исключать жесткие связи между элементами перекрытия. В настоящее время в институте БелНИИС проводятся экспериментальные исследования акустических свойств акустически неоднородных перекрытий, которые позволят оценить правильность и уточнить области применимости теоретических зависимостей.

Заключение

1 Изоляция воздушного шума акустически однородного перекрытия зависит от его эквивалентной поверхностной площади и коэффициента звукоизоляционной эффективности материала перекрытия.

2 Звуковые волны, падающие на акустически однородное перекрытие, приводят его в колебательное движение, в результате чего на низких частотах вблизи частот собственных колебаний перекрытия возникают резонансные явления, и звукоизоляция во многом зависит от внутреннего трения в материале перекрытия. На более высоких частотах колебательное движение перекрытия определяется в основном его массой.

3 Отдельные слои или элементы акустически неоднородных перекрытий совершают изгибные колебания, значительно различающиеся по амплитуде и фазе. Кроме того, при общем изгибном колебании перекрытия в звукоизоляционной прослойке основная доля звуковой энергии передается продольными колебаниями.

4 Низшая собственная частота акустически неоднородных перекрытий указывает область частот, в которой происходит резонанс акустически неоднородного перекрытия и порой звукоизоляция становится ниже, чем у исходного акустически однородного перекрытия.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мордич А.И., Белевич В.Н. Новая универсальная каркасная система многоэтажных зданий. Бетон и железобетон. – М.: 1999, №1,-4 с.
2. Изменение №1 к СНиП П-12-77 "Защита от шума" - Минстройархитектуры РБ. – Мн., 2004 –34 с.
3. Крейтан В.Г. Защита от внутренних шумов в жилых домах. – М.: Стройиздат, 1990. – 260 с.
4. П1-99 к СНиП П-12-77. Проектирование звукоизоляции и звукопоглощения конструкциями зданий и сооружений – Мн.: МСИА РБ, 2001. – 106 с.
5. Справочник по защите от шума и вибрации жилых и общественных зданий. – Киев: "Будивельнык", 1989. – 158 с.
6. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций. – М.: Стройиздат, 1969. – 184 с.
7. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Г.Л.Осипов, Е.Я.Юдин, Г.Хюбнер и др. – М.: Стройиздат, 1987.-558 с.
8. Ковригин С.Д. Архитектурно-строительная акустика. – М.: Высш. школа, 1980 – 184 с.
9. Техническое заключение по результатам испытаний, договор №8/05 от 14 сентября 2005. – Мн.: "Институт БелНИИС", 2005. – 42 с.

Статья поступила в редакцию 19.02.07

УДК 624.012.44

Рак Н.А.

О РАСЧЕТЕ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С КОСВЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ ПРИ МЕСТНОМ СЖАТИИ

Введение

Для дальнейшего развития Республики Беларусь ключевое

значение имеет строительная отрасль, призванная обеспечить потребность народно-хозяйственного комплекса страны в жи-

Рак Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций Белорусского национального технического университета.

Беларусь, БНТУ, 220027, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.

Строительство и архитектура