

Звукоизоляция трёхслойных тонких бетонных конструкций с интегрированным каркасом

А. Я. Лившиц*

ООО «Акустик Групп». Россия, 115054 Москва, ул. Новокузнецкая, д. 33 стр. 2

(Статья поступила 06.07.2017; Подписана в печать 13.09.2017)

В современных многоэтажных жилых домах межквартирные стены не обладают необходимой звукоизоляцией $R_w = 52$ дБ. Причиной этого является применение в качестве материала для таких стен лёгких газосиликатных или гипсовых блоков. Применение материалов с большей плотностью или большей толщины ограничено несущей способностью междуэтажных перекрытий и экономией площади жилого пространства. Для решения этой проблемы разработаны трёхслойные конструкции внутренних не несущих стен, состоящие из наружных слоёв, сложенных из Ш (Е) или ТТ образных бетонных блоков, повернутых рёбрами жёсткости друг к другу. Их внутренний слой выполнен из звукопоглощающего материала — минеральной ваты, керамзитового песка. При общей толщине таких конструкций в 160–200 мм удалось получить звукоизоляцию в 52–53 дБ. В статье приведены результаты экспериментального исследования влияния на звукоизоляцию таких трёхслойных стен плотности бетона, материала внутреннего слоя, других факторов.

PACS: 43.55.+p

УДК: 534.843.12

Ключевые слова: звукоизоляция, трёхслойные конструкции, бетон.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в России получил широкое распространение каркасный метод строительства многоэтажных жилых домов. Несущую функцию выполняют монолитные железобетонные колонны. Из монолитного железобетона отлиты межэтажные перекрытия. Внутренние межквартирные ограждения и межкомнатные перегородки в таких зданиях чаще всего выполнены из лёгких бетонных блоков или пазогребневых гипсовых панелей. Выбор лёгких материалов для внутренних ограждений обусловлен ограничением несущей способности плит перекрытий. Относительно малая толщина ограждений обусловлена не только тем же ограничением, но и желанием инвесторов максимально увеличить площадь внутренних пространств.

Практически все многочисленные измерения звукоизоляции в таких домах показывают, что ее значение менее нормативного по СП 51.13330.2011 для межквартирных стен $R_w = 52$ дБ. Причиной этого является малая толщина и, как следствие, низкая поверхностная масса ограждений. Для обеспечения требуемой звукоизоляции поверхностная плотность однослойного ограждения должна быть не менее 300–350 кг/м³ для межквартирных преград. Из «традиционных» материалов звукоизоляцию в 52 дБ обеспечивает конструкция из полнотелого кирпича (объёмная плотность 1800 кг/м³) толщиной 250 мм или блоки из бетона и керамзитобетона плотностью не ниже 1500 кг/м³ при стандартной толщине 200 мм. Однако именно из-за высокой поверхностной плотности, которая приводит к большим нагрузкам на тонкие монолитные плиты перекрытия, эти материалы не используются в ка-

честве межквартирных стен в современном многоэтажном жилом домостроении.

Лёгкие каркасные перегородки с наружными гипсокартонными листами могут, при правильно выбранной конструкции обеспечить требуемую звукоизоляцию, но по причине ментальности отечественного владельца жилого помещения практически не используются в качестве межквартирных стен. Кроме того, такие перегородки имеют ещё один недостаток — сложность крепления на таких перегородках навесной мебели. Таким образом, в настоящее время в России нет предложения материалов для возведения конструкций межквартирных стен в многоэтажных каркасных жилых домах, которые удовлетворяли бы сразу всем перечисленным выше требованиям: нормативная звукоизоляция (52 дБ); минимально возможная поверхностная плотность; минимально разумная толщина (до 200 мм); устойчивость при высоте от пола до потолка (2700–3300 мм); жилая технологичность (возможность подвески мебели); простота конструкции и использование доступных дешёвых экологичных материалов. Одной из возможных путей решения этой задачи является применение многослойных, в частности трёхслойных ограждающих конструкций, в которых наружные слои выполнены из плотных материалов, например, бетона, а внутренний слой заполнен звукопоглощающим материалом.

1. ТОНКИЕ БЕТОННЫЕ ПЛИТЫ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ КАРКАСОМ (Ш–БЛОКИ) И ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ НИХ

Для решения задачи обеспечения устойчивости относительно тонких (30–70 мм) наружных плотных слоёв автором предложено изготавливать их из бетонных плит, которые имеют рёбра жёсткости. При возведении

*E-mail: anatoly.livshits@acoustic.ru

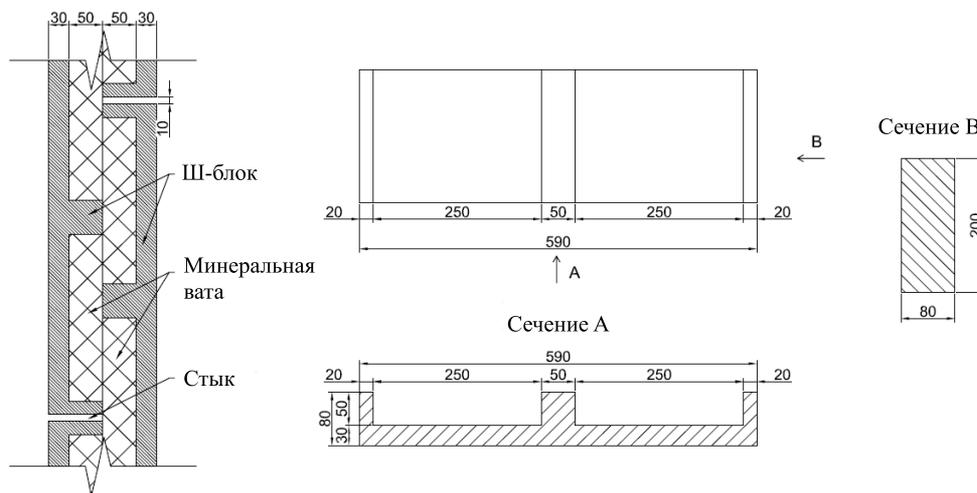


Рис. 1: Ш-блок и стена собранная из них (вид сверху)

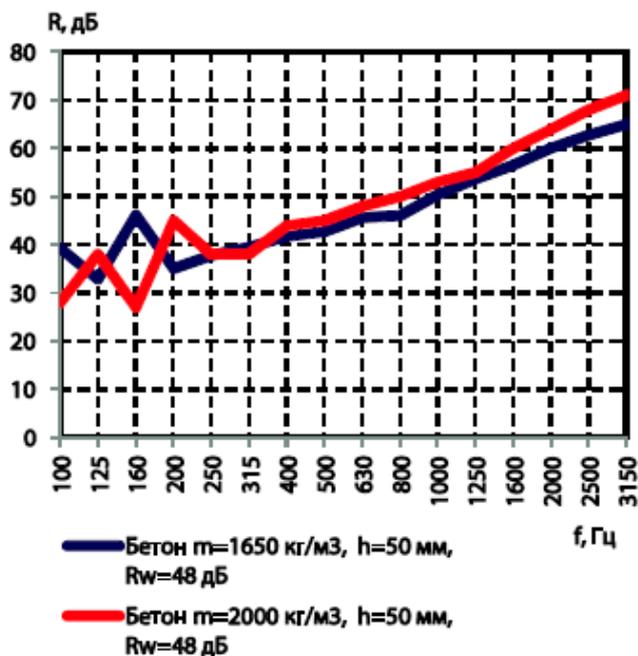


Рис. 2: Зависимость звукоизоляции от плотности бетона; $h_1 = h_2$; H минваты = 100 мм

ограждающей конструкции панели укладываются ребрами внутрь без их соприкосновения друг с другом — в разбежку (рис. 1). Тем самым обеспечивается большая эффективная площадь опирания панелей на перекрытие и увеличение устойчивости отдельного наружного слоя. Тем самым решаются следующие задачи: обеспечение устойчивости наружных слоев при возведении конструкций между полом и потолком (2.7–3.3 м); увеличение звукоизоляции наружных слоев ребрами благодаря повышению их изгибной жесткости; отсутствию жестких связей между наружными слоями;

использованию внутреннего пространства между слоями для прокладки коммуникаций. Экспериментальное исследование звукоизоляции таких конструкций было проведено в акустической лаборатории Нижегородского Строительного Университета в 2014 г.

Было изучено влияние на звукоизоляцию следующих факторов: плотности бетона m ; толщины наружных бетонных слоёв h , толщины внутреннего слоя $h_{вн}$; материала внутреннего слоя (воздух, минеральная вата, керамзитовый песок, кварцевый песок). В качестве дополнительной информации изучалось влияние рёбер жёсткостей панелей на звукоизоляцию однослойной конструкции и влияние жёстких связей между наружными слоями.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты лабораторных исследований звукоизоляции (частотные характеристики и индекс звукоизоляции) приведены на рис. 2–8.

Результаты эксперимента показывают (рис. 2), что в соответствии законом массы трёхслойная конструкция большей массы имеет большую звукоизоляцию в области частот выше области волнового совпадения (400 Гц). Конструкция с меньшей массой имеет большую звукоизоляцию в области частот волнового совпадения. Как результат, индекс звукоизоляции обеих трёхслойных конструкций, имеющих поверхностную плотность 200 кг/м^3 и 165 кг/м^3 одинаковы. Изменение толщины стенок Ш-блоков с 30 мм до 50 мм в трёхслойной конструкции при неизменной плотности бетона (1650 кг/м^3) так же не повлияло на индекс звукоизоляции (рис. 3). При этом поверхностная плотность конструкции изменилась с 99 кг/м^3 до 165 кг/м^3 .

Применение тонких бетонных панелей с интегрированными в них бетонными рёбрами жёсткости сече-

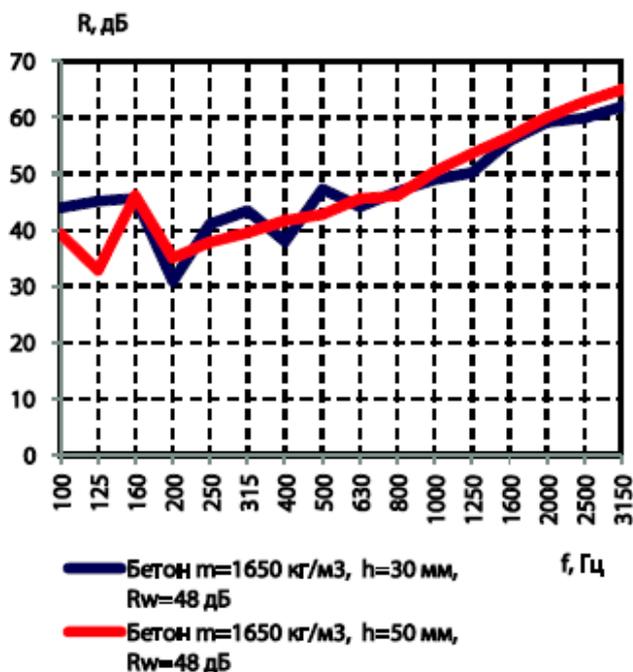


Рис. 3: Зависимость звукоизоляции от толщины стенок Ш-блоков; $h_1 \neq h_2$; Н минваты = 100 мм

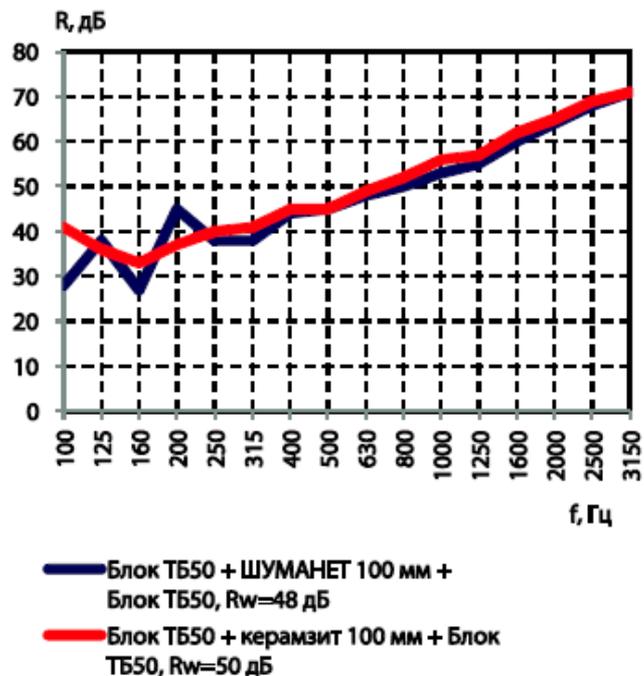


Рис. 5: Зависимость звукоизоляции от материала внутреннего слоя

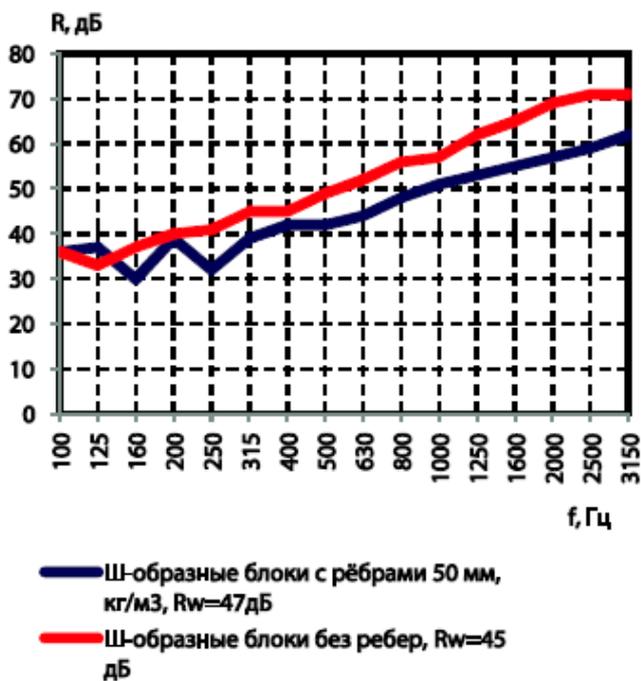


Рис. 4: Влияние рёбер жёсткости на звукоизоляцию однослойной конструкции; $h_1 = h_2 = 50$ мм

нием 50х50 мм и с шагом 600 мм увеличивают индекс звукоизоляции однослойной преграды на 2 дБ (рис. 4). Звукоизоляция конструкции из панелей с вертикальными рёбрами выше звукоизоляции конструкции из

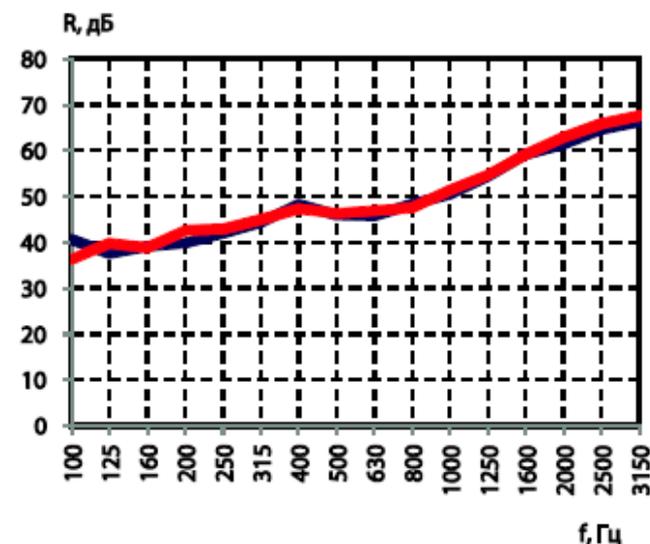


Рис. 6: Звукоизоляция трёхслойной конструкции с внутренним слоем из минваты и воздухом

панелей той же толщины и массы без рёбер практически во всём измеряемом частотном диапазоне. Это

происходит благодаря повешению изгибной жёсткости конструкции с рёбрами. Использование керамзитового песка вместо минеральной ваты в качестве внутреннего слоя в трёхслойной конструкции приводит к повышению индекса звукоизоляции на 2 дБ (рис. 5). Результаты измерений, показанные на рис. 6, показывают, что звукоизоляция трёхслойной конструкции с заполнением внутреннего слоя воздухом и минеральной ватой различается всего на 1 дБ. Это можно объяснить несущественной разницей в упругости воздуха и минеральной ваты.

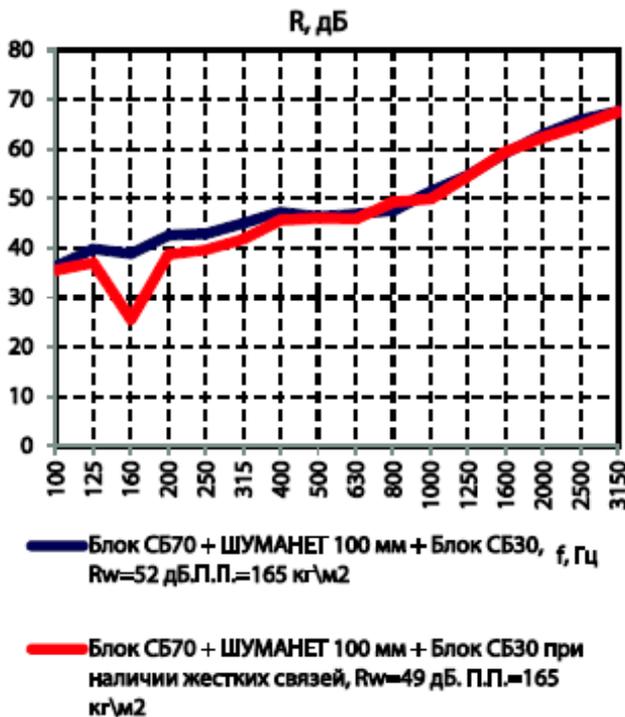


Рис. 7: Влияние жёстких связей между наружными слоями на звукоизоляцию

Результаты эксперимента, показанные на рис. 7 показывают, что использование жёстких связей (арматурных стержней) между наружными тонкими бетонными слоями приводит к существенному снижению звукоизоляции в области частот волнового совпадения. Этот факт объясняется тем, что в этой области частот трёхслойная конструкция колеблется почти как однослойная.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты эксперимента позволяют сделать следующие выводы:

1. Звукоизоляция конструкций, выполненных из бетона с плотностью 2000 кг/м³ не выше, чем звукоизоляция конструкций, выполненных из бетона

плотностью 1650 кг/м³.

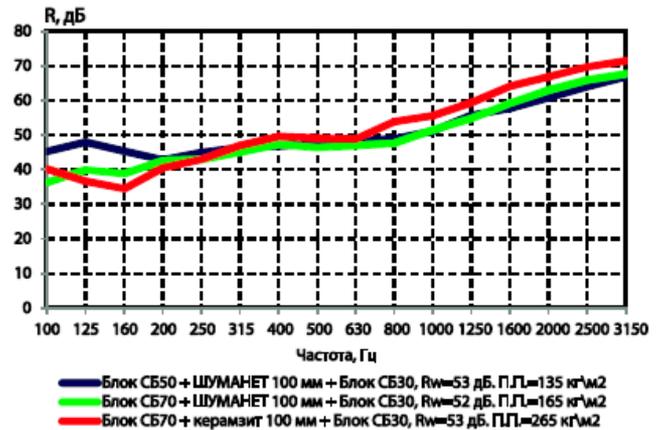


Рис. 8: Трёхслойные конструкции с наибольшей звукоизоляцией

2. Толщина наружных слоёв и их комбинация влияют на звукоизоляцию целой конструкции. Так повышение толщины наружных слоёв не всегда приводит к повышению звукоизоляции.
3. Материал внутреннего слоя влияет на звукоизоляцию трёхслойной конструкции. Применение в качестве внутреннего слоя минеральной ваты повышает звукоизоляцию не существенно, по сравнению с воздухом. Максимальная звукоизоляция достигнута при использовании во внутреннем слое керамзитового песка.
4. Рёбра жёсткости повышают звукоизоляцию наружных бетонных слоёв. Жёсткие связи между наружными слоями понижают звукоизоляцию конструкции, и она становится практически той же, что и звукоизоляция однослойной конструкции.
5. Измеренная звукоизоляция трёхслойной конструкции с общей толщиной 180–200 мм, с толщинами наружных слоёв 30–70 мм, которые имеют суммарную толщину бетона 80–100 мм, составляет 52–53 дБ. Это аналогично звукоизоляции однослойной бетонной конструкции, имеющей ту же толщину (180–200 мм) и вдвое большую массу.
6. Возможность получения трёхслойных конструкций с наружными тонкими бетонными слоями, имеющих равную толщину с однослойной конструкцией, но обладающей примерно вдвое меньшей массой экспериментально доказана. При той же звукоизоляции масса трёхслойной конструкции может быть меньше однослойной в два и более раза.

-
- [1] Заборов В. И., Никольский И. И. Акуст. Журн. 1965. **20**, вып. 11. С. 246.
[2] Bobylev V. N., Tishkov V. A., Monich D. V. Optimal parameters of sound insulating enclosures; XV session of the Russian acoustical society. GEOS, Volume III, Moscow, 2004. P. 135.
[3] Moore J. A.; Lyon R. H. J. *J. Acoust. Soc. Am.* 1991. **89**. P. 777.
[4] Warnock A. C. C. *J. Acoust. Soc. Am.* 1991. **90**. P. 1454.
-

Sound insulating three-layer thin concrete structures With integrated frame

A. Y. Livshits

Acoustic Group, Moscow 115054, Russia

E-mail: anatoly.livshits@acoustic.ru

In a modern high rise residential buildings walls between apartments do not have the necessary soundproofing $R_w = 23$ dB. The reason for this is the use as material for the walls of the lightweight concrete or gypsum blocks. The use of materials with higher density or greater thickness is limited load-bearing capacity of floors and saving living space. To solve this problem developed a three-layer walls consisting of outer layers composed of E or TT shaped concrete blocks, the rotated ribs to each other. Their inner layer is made of sound-absorbing material — mineral wool mats, expanded clay sand. It is experimentally found that the thickness of such structures 160–200 mm provided by sound insulation of structures in 52–53 dB. The article contains the results of research of influence on the sound insulation of three-layered walls such the density of the concrete, the material of the inner layer and other factors.

PACS: 43.55.+p

Keywords: sound insulation, three-layered walls, thin concrete plate.

Received 06 July 2017.

Сведения об авторах

Лившиц Анатолий Яковлевич — канд. техн. наук, ген. директор; тел.: (495) 785-10-80, e-mail: anatoly.livshits@acoustic.ru.