

УДК 623.454.255.2

Применение метода акустических измерений к сэндвич-панелям, изготовленных с использованием метода инъекции длинного волокна

Тумакова Е. В.^{1,*}

[*tumakova_ekaterina91@mail.ru](mailto:tumakova_ekaterina91@mail.ru)

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Произведены измерения величины звукоизоляции объектов из полиуретана («сэндвич-панелей»). Рассмотрен метод изготовления подобного рода панелей – метод инъекции длинного волокна. Измерения проводились на специальной установке для акустических измерений фирмы «Brüel&Kjær». Сделан расчёт нормативного значения звукоизоляции для каждой исследованной сэндвич-панели. Произведено сравнение величины звукоизоляции, полученной в результате измерений, с нормативным значением звукоизоляции для каждого типа измеренных сэндвич-панелей. Предложены рекомендации относительно целесообразности использования исследованных сэндвич-панелей.

Ключевые слова: метод инъекции длинного волокна, акустические измерения, «сэндвич-панели» из полиуретана, звукоизоляция

Введение

Звукоизоляция является в настоящее время повсеместно основным способом снижения шума в помещениях и таковым останется в обозримом будущем. Звукоизоляция применяется в виде звукоизоляции ограждающих помещения конструкций (стен, пола, потолка), звукоизоляции машин и звукоизоляции постов управления.

Сущность звукоизоляции состоит в отражении части звуковой энергии от границы разделения двух сред. [1]

Звукоизоляция - величина, выраженная в дБ, которая равна десяти десятичным логарифмам отношения звуковой мощности W_1 , падающей на испытуемый элемент, к звуковой мощности W_2 , излучаемой другой стороной испытуемого элемента. Величина звукоизоляции R рассчитывается по формуле:

$$R = 10 \lg \frac{W_1}{W_2}. \quad (1)$$

При измерении звукового давления величина R определяется по формуле:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}, \quad (2)$$

где L_1 – средний уровень звукового давления в помещении источника, дБ;

L_2 – средний уровень звукового давления в приёмном помещении, дБ;

S - площадь испытательного проёма, в который устанавливают испытуемый элемент, м²;

A - эквивалентная площадь звукопоглощения приёмного помещения, м². [2]

Объектом исследования являются сэндвич-панели разной толщины, изготовленные с применением метода инъекции длинного волокна (LFI) и используемые для изготовления элементов автомобилей (приборных панелей, элементов кабины и пр.).

1. Суть метода LFI

Процесс инъекции длинного волокна (LFI) был разработан в качестве экономичной альтернативы структурно реактивного литья под давлением (SRIM) и характеризуется обработкой реактивных полиуретановых систем в сочетании с длинными волокнами упрочнителя. Процесс LFI отличается от других процессов с использованием пенополиуретана (PUR) тем, что нарезанное армирующее волокно смачивается двумя компонентами пенополиуретана в смешивающей головке, затем осуществляется доставка смешанных компонентов в открытую полость пресс-формы в непрерывном процессе с помощью головки робота. После распыления в нагретую пресс-форму её закрывают под высоким давлением. Процесс затвердевания занимает около 4 минут. LFI является обычно одношаговым процессом, в то время как SRIM требует большее число шагов, в том числе необходимых на такие операции как: резка, заполнение матрицы, размещение матрицы в полости пресс-формы и последующий розлив полиуретана в форму. Продолжительность цикла может быть короче, чем в других композитных процессах. [3]

Этот процесс используется для производства компонентов интерьера автомобилей, к которым предъявляются невысокие требования по механическим показателям, но конструкция которых имеет сложную форму, таким как:

- приборная доска автомобиля («торпеда»);
- интерьерные панели;
- подкорпусные заслонки и проч.

2. Описание измерительной установки

Для проведения акустических измерений использовалась установка фирмы Brüel&Kjær (рис. 1).

Звук громкоговорителя (источника звука) подаётся через усилитель. Приёмник (микрофон) улавливает звук, проходящий через перегородку между двумя помещениями (комната с источником звука и комната с приёмником звука). В эту перегородку закрепляются исследуемые образцы. Для повышения точности измерений микрофон улавливает звук в 16 различных положениях.

Ноутбук с ПО 8780



Аналого-цифровой
модуль 3560 D



Микрофон серии
ФЭЛКОН 4189



Усилитель мощности
типа 2732-A



Источник звука
OmniPower 4292-L



Рис. 1

Расположение источника звука и микрофонов при измерении воздушной звукоизоляции приведено на рис. 2 выполнено в соответствии «Сведения об изделии «Источники звука для строительной акустики», Brüel&Kjær».

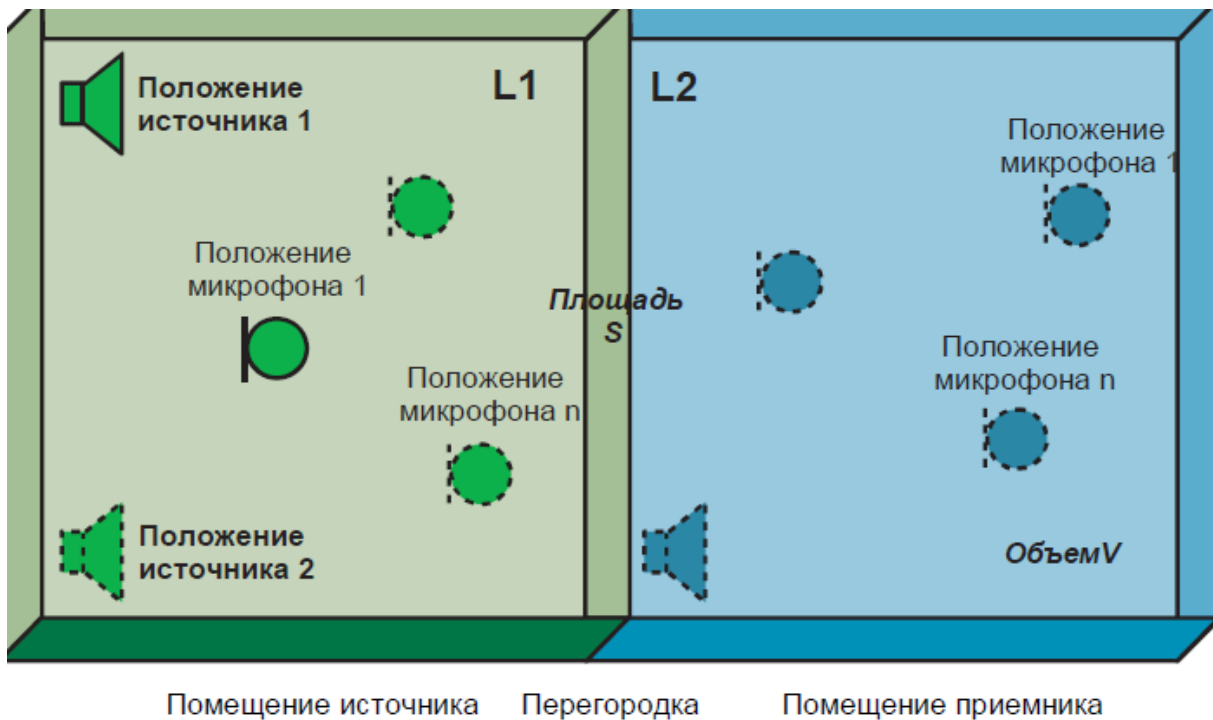


Рис. 2

На рис.2 L1 - уровень звукового давления в помещении источника;
L2 - уровень звукового давления в помещении приемника.

3. Проведение измерений

В ходе проведения исследования были выполнены измерения образцов (600x600 мм) из полиуретана с различным сочетанием толщин, так называемые «сэндвич-панели» (рис. 3). Размеры исследуемых образцов приведены в табл. 1.

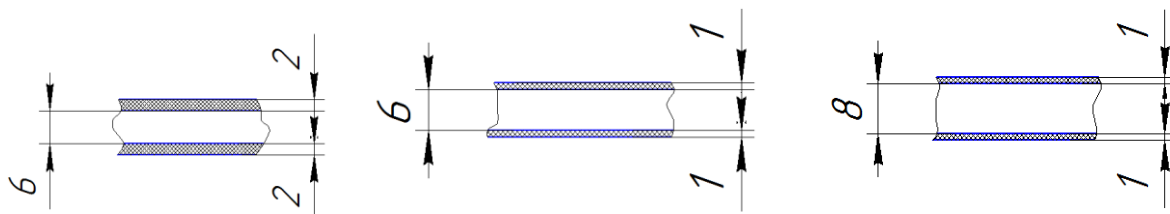


Рис. 3

Таблица 1. Размеры исследуемых образцов

Образец №	Толщина верхнего слоя, мм	Толщина начинки, мм	Толщина нижнего слоя, мм
1	2	6	2
2	2	6	2
3	1	6	1
4	1	8	1

Измерением определяется величина R_w . R_w – индекс изоляции воздушного шума (величина, служащая для оценки звукоизоляции конструкции одним числом). [4] Величина R_w определяется путём сопоставления частотной характеристики изоляции воздушного шума $R(f)$ со специальной оценочной кривой. [5]

4. Полученные результаты

Полученные результаты представлены на рис. 4 – 7

Для образца №1 (рис. 4) кривая результатов выходит за контрольные границы (контрольную границу и смещённую контрольную границы) при $R_w = 29,1$ бД.

Для образца №2 (рис. 5) кривая результатов выходит за контрольные границы при $R_w = 29,59$ бД.

Для образца №3 (рис. 6) кривая результатов выходит за контрольные границы при $R_w = 13,26$ бД.

Для образца №4 (рис. 7) кривая результатов выходит за контрольные границы при $R_w = 13,18$ бД.

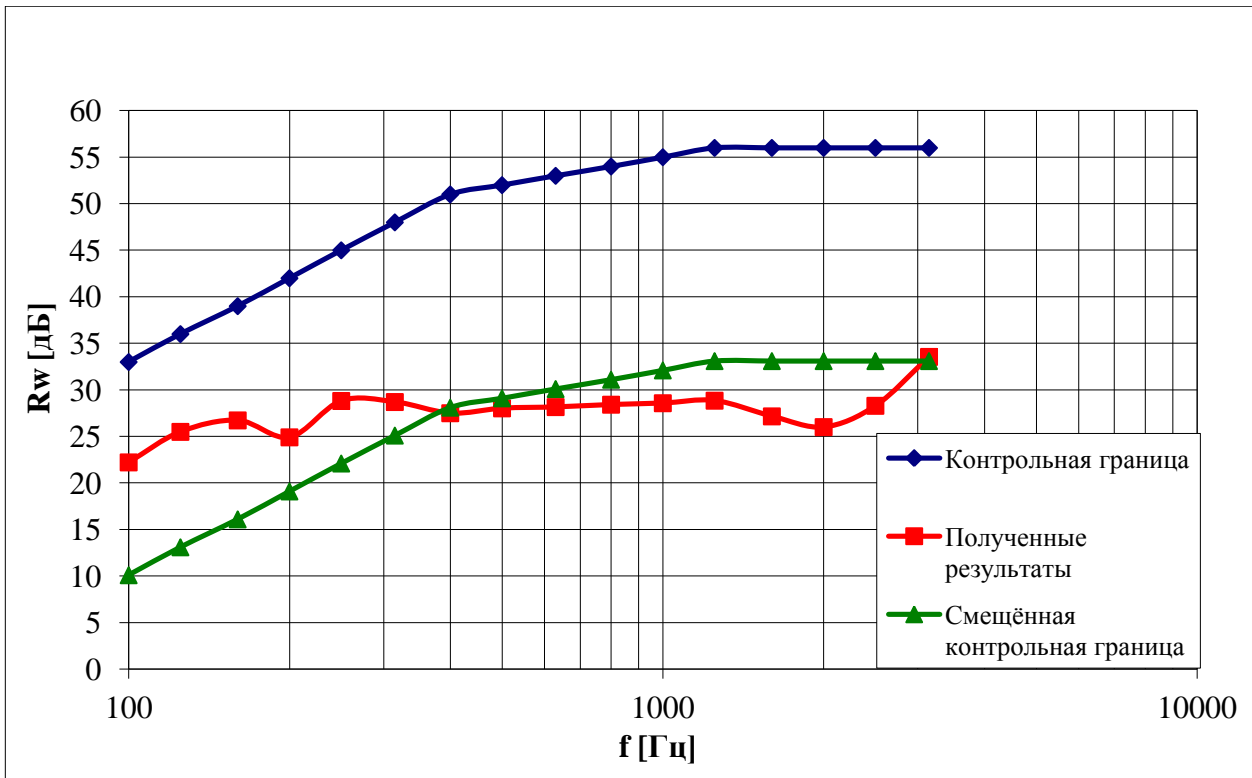


Рис. 4

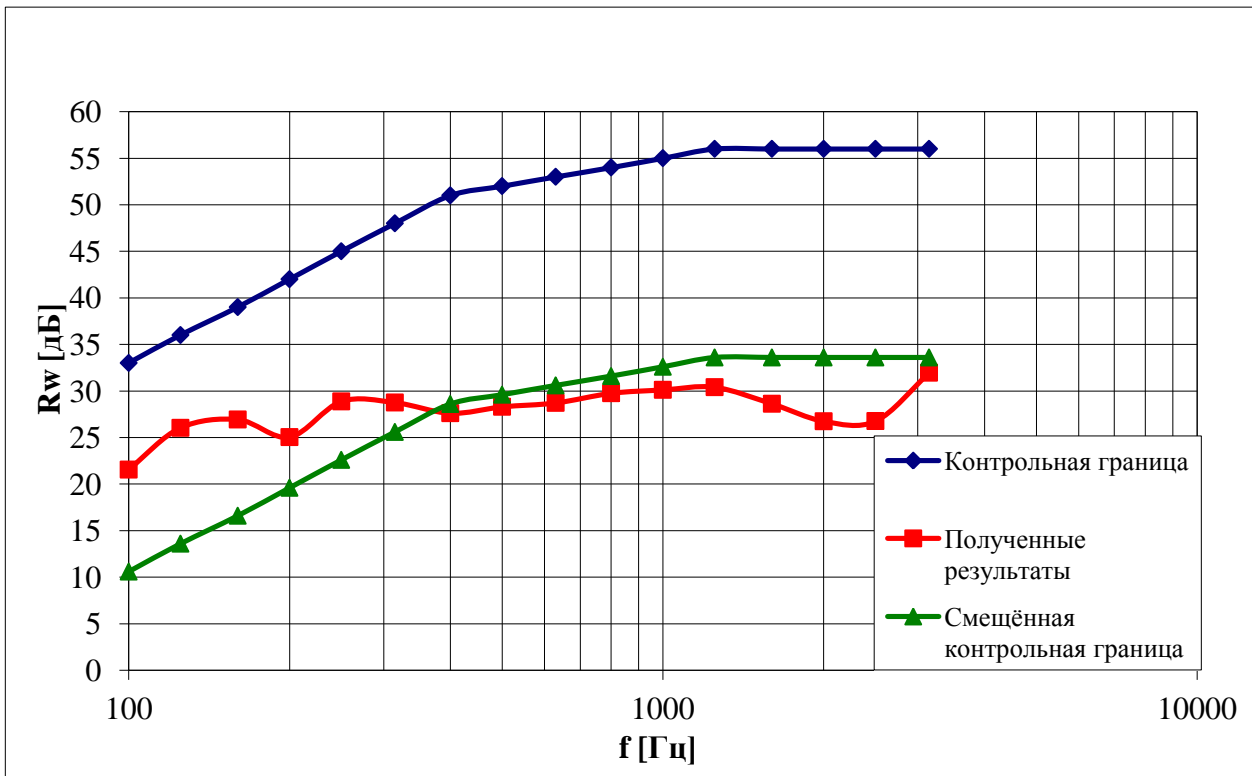


Рис. 5

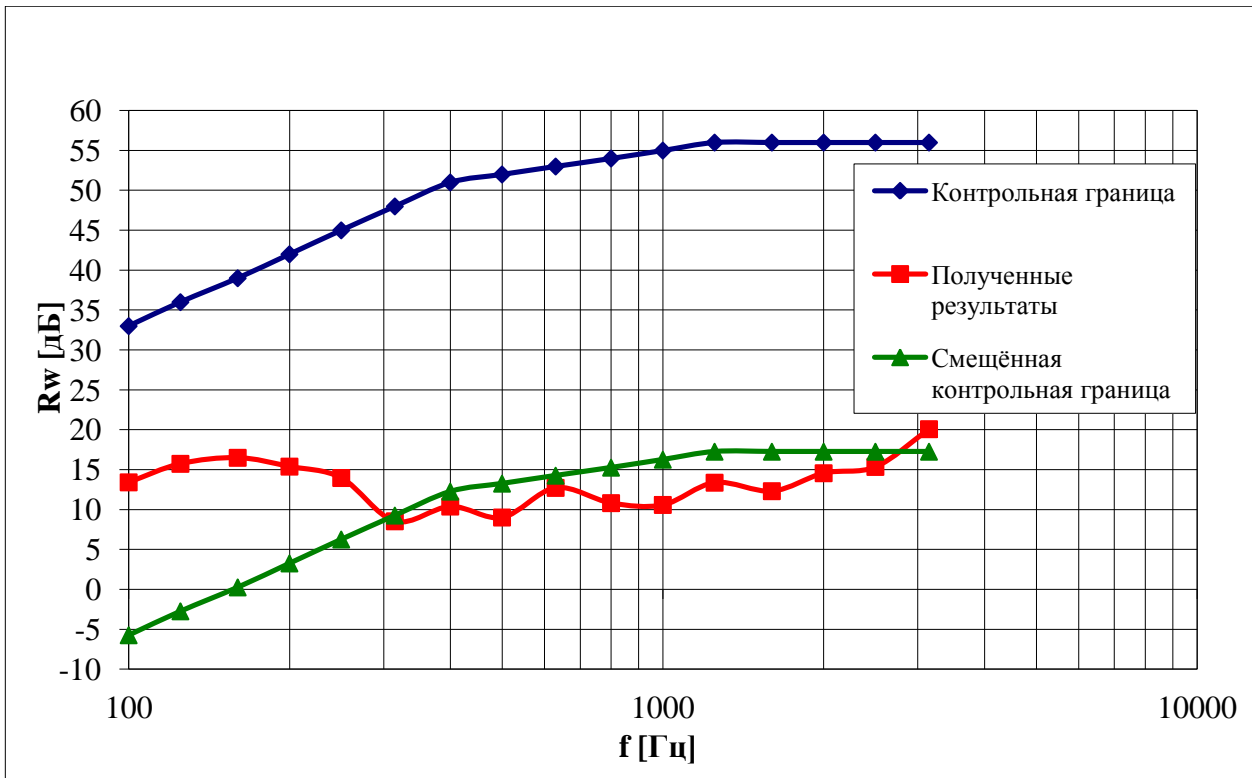


Рис. 6

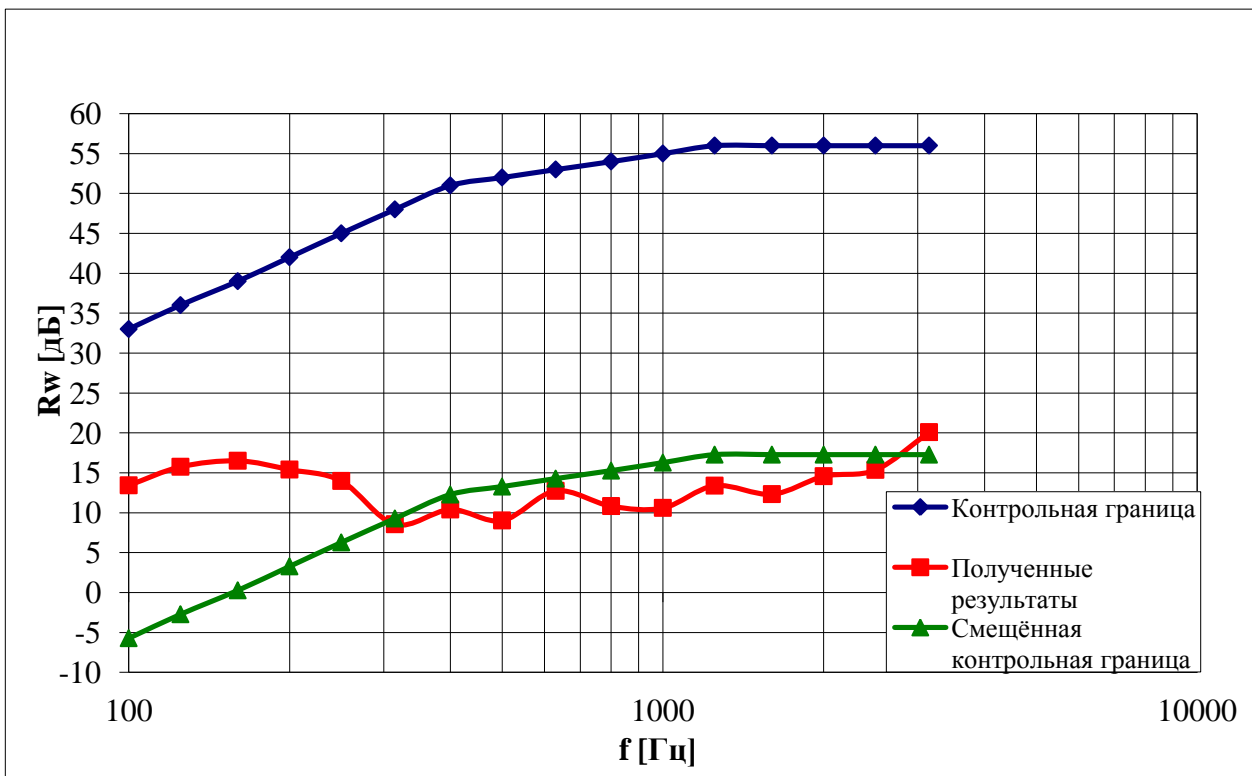


Рис. 7

Образцы №1 и №2 имеют одинаковое сочетание панелей (2х6х2 мм), но величины R_w различны. Это объясняется неравномерностью заполнения «начинки» в панелях, различным отношением масс образцов к их площадям (4290,7 г/м² и 4310,3 г/м² соответственно).

Для образцов №3 (1х6х1 мм) и №4 (1х8х1 мм) полученное значение R_w оказалось меньше значений R_w , определённых для данных образцов в зависимости от отношения масса/площадь, а для образцов № 1 и №2 (2х6х2 мм) этот показатель оказался больше (рис. 8).

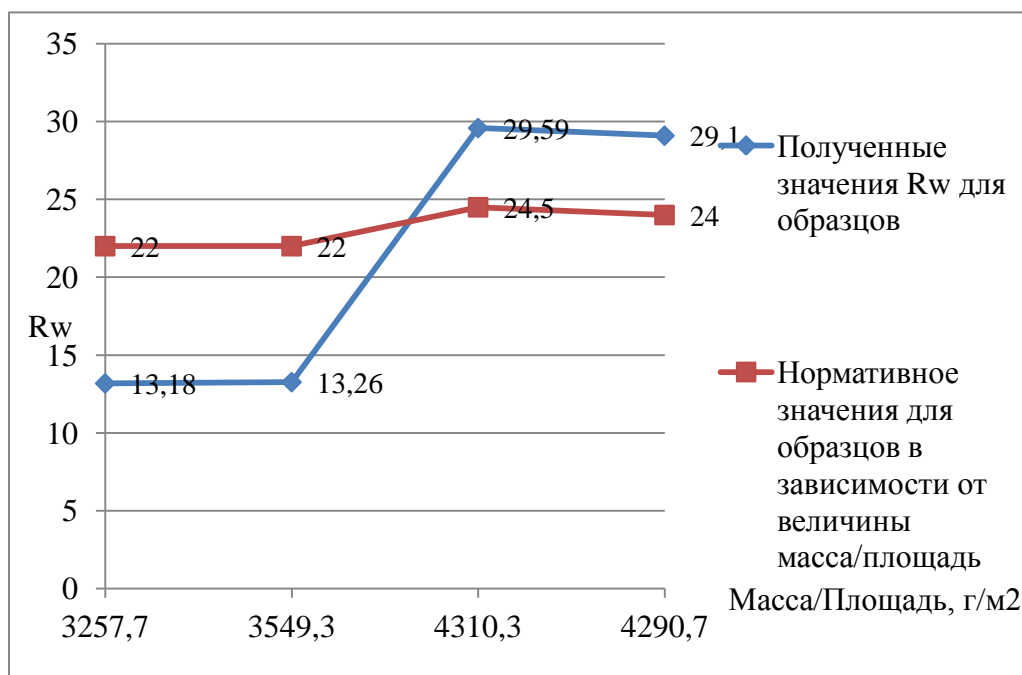


Рис. 8

Заключение

Полученные результаты исследований сэндвич-панелей, выполненные с использованием установки для акустических измерений фирмы «Brüel&Kjær» позволяют сделать следующие выводы:

- выход значений результатов измерений за контрольные границы для каждого из образцов можно объяснить наличием высокой пористости у «начинки» (центральный слой полиуретана) панелей;

- отличие показателя R_w (величины, характеризующей звукоизоляцию объекта) образцов с одинаковым сочетанием используемых панелей (2х6х2 мм), 29,1 дБ и 29,59 дБ соответственно, вызвано различной массой и площадью образцов;

- на количественное значение величины звукоизоляции образцов влияет только толщина наружного слоя полиуретана. Так как для образцов №1 (2х6х2 мм) и №3 (1х6х1 мм) значение R_w равно 29,1 дБ и 13,26 дБ соответственно (отличие составляет 15,84 дБ), а

для образцов №3 (1х6х1 мм) и №4 (1х8х1 мм) значение R_w равно 13,26 дБ и 13,18 дБ соответственно (отличие 0,08 дБ).

- величина звукоизоляции образцов с толщиной наружного слоя 2 мм превышает нормативное значение звукоизоляции для материалов с таким отношением массы к площади, а величина звукоизоляции образцов с толщиной наружного слоя 1 мм значительно ниже звукоизоляции, определённой нормативом для материалов с таким соотношением массы к площади. Следовательно, образцы с толщиной наружного слоя 2 мм удовлетворяют требованиям нормативных документов и их применение целесообразно, а применение образцов с толщиной наружного слоя 1 мм не целесообразно.

Список литературы

1. Боголепов И.И. Архитектурная акустика: учебник-справочник. СПб.: Судостроение, 2001. 228 с.
2. ГОСТ Р ИСО 10140-2 – 2012. Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий. Часть 2. Измерение звукоизоляции воздушного шума. М.: Стандартинформ, 2013. 20 с.
3. Younes U. Development of Class-A-surface polyurethane LFI composites // JEC composites. 2009. No. 52. P. 64-66.
4. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. 32 с.
5. ГОСТ 27296-2012. Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций. М.: Стандартинформ, 2014. 20 с.

Method of Acoustic Measurements Applied to the Sandwich Panels Manufactured by the Long Fiber Injection Technique

E.V. Tumakova^{1,*}

[*tumakova_ekaterina91@mail.ru](mailto:tumakova_ekaterina91@mail.ru)

¹Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Keywords: the LFI process, acoustic measurements, sandwich panels of polyurethane, soundproofing

The paper presents the study results of polyurethane panels (sandwich panels) made by injection of long fiber. The investigations were carried out using the apparatus for acoustic measurements of the company «Brüel & Kjær». Research has focused on the determination of the insulation panels.

Sandwich panel – a three-layer panel made from two types of polyurethane. The upper and lower layers are solid polyurethane and a middle layer ("stuffing") is foamy polyurethane.

Soundproofing plays an important role in noise reduction in various rooms. Soundproofing is a reflection of the sound energy from the border separating the two media. It is expressed in decibels [dB].

Long Fiber Injection is a technique developed as an alternative to structural reactive injection molding. Materials, manufactured using injection of long fiber, are widely used in the automotive industry (car dashboard, interior panels and so on.).

An acoustic measurement unit of the company «Brüel & Kjær» comprises a laptop, an analog-to-digital module, a microphone, an amplifier and a sound source. During the research, each sample was placed in a special doorway between two rooms. Sound from the speaker in the first room passed through the sample and was intercepted by the microphone in the second room. For each of the measured samples 16 readings has been taken. Each measurement corresponds to a different position of the speaker in the room and different frequency signal.

Three types of samples were measured in the course of study. Dependences of the sound insulation R_w [dB] value on the frequency f [Hz] were obtained for each sample. The magnitude equal to the ratio between sample mass and surface area allowed us to analyse the result-normative value correlation.

Finally, using the obtained values of sound insulation, conclusions were drawn regarding the appropriateness of studied samples.

References

1. Bogolepov I.I. *Arkhitekturnaya akustika* [Architectural acoustics]. St. Petersburg, Sudostroenie Publ., 2001. 228 p. (in Russian).
2. GOST R ISO 10140-2 – 2012. *Akustika. Laboratornye izmereniya zvukoizolyatsii elementov zdanii. Chast' 2. Izmerenie zvukoizolyatsii vozdushnogo shuma* [State Standard of RF ISO 10140-2 – 2012. Acoustics. Laboratory measurement of sound insulation of building elements. Part 2. Measurement of airborne sound insulation]. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 20 p. (in Russian).
3. Younes U. Development of Class-A-surface polyurethane LFI composites. *JEC composites*, 2009, no. 52, pp. 64-66.
4. SP 23-103-2003. *Proektirovanie zvukoizolyatsii ograzhdayushchikh konstruktsii zhilykh i obshchestvennykh zdanii* [Sets of Rules to Construction 23-103-2003. Projection of sound insulation of separating constructions in domestic and public buildings]. Moscow, Gosstroj RF Publ., 2004. 32 p. (in Russian).
5. GOST 27296-2012. *Zdaniya i sooruzheniya. Metody izmereniya zvukoizolyatsii ograzhdayushchikh konstruktsii* [State Standard 27296-2012. Buildings and constructions. Methods for measurement of sound insulation of protecting designs]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 20 p. (in Russian).