

УДК 534.61

**Анализ эффективности защиты от шума в учебном корпусе №5 МИ ВлГУ**

Яшина Д.А., Коробков Д.С., Хромулина Т.Д., Булкин В.В.

В статье дана оценка уровню поглощения акустического шума проникающего в учебные аудитории корпуса №5 МИ ВлГУ от большегрузного транспорта, применительно к оконным рамам, созданным на основе пластиковых конструктивов, имеющим три стабильных положения: закрытое, приоткрытое (откинута верхняя часть рамы) и открытое. Для проведения исследований использовался источник искусственного широкополосного шума в составе усилителей РУШ-5 (240 Вт), излучателей рупорных НР-10Т (100 Вт), музыкального центра Samsung MAX-KJ630. Источник шума устанавливался с тыловой части здания на расстоянии, эквивалентном расстоянию от здания до осевой линии полосы автотранспортного движения. Оценка дана для учебной аудитории, расположенной на первом этаже. Установлено, что в диапазоне частот от 31,5 до 250 Гц имеет место колебание уровня звукового давления шума, проникающего в аудиторию при всех положениях окна. Произведён пересчёт затухания, вносимого оконной конструкцией, на реальный акустический сигнал от большегрузного транспорта. Сделан вывод, что в целом о соответствии предельно-допустимым значениям уровня звукового давления в аудитории можно говорить только в случае полностью закрытых окон.

*Ключевые слова:* акустический шум, уровень звукового давления, источник шума, предельно допустимый уровень, измерения.

**Введение**

Акустический шум с точки зрения физики можно характеризовать как волновой процесс, имеющий практически непрерывный спектр [1]. С точки зрения безопасности жизнедеятельности шум — это звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье работника [2]. Меры по защите работников от воздействия шума, предусмотренные ГОСТ 12.1.003–2014, включают комплекс мероприятий, в которых задействуются как стороны трудового процесса, так и различные методы и средства, среди которых можно выделить: проектирование рабочих мест с учётом допустимого уровня риска; использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума и вибрации, которая может быть переизлучена в виде шума; организацию профилактических мероприятий, ослабляющих неблагоприятное воздействие шума, и т.д.

Применительно к учебному процессу среди перечисленного в первую очередь следует выделить вопросы проектирования и использования материалов и конструкций, пре-

пятствующих проникновению шума в учебные аудитории. К таким конструкциям, безусловно, относятся окна.

В данной статье исследован вопрос защиты от уличного шума учебных аудиторий корпуса №5 МИ ВлГУ, применительно к оконным рамам, созданным на основе пластиковых конструктивов, имеющим три стабильных положения: закрытое, приоткрытое (откинута верхняя часть рамы) и открытое.

**Описание учебного корпуса**

Учебный корпус №5 расположен на одной из двух трасс, связывающих микрорайон «Южный» с основной частью города. Кроме движения легкового и общественного транспорта имеется и интенсивное движение большегрузного транспорта. Корпус расположен напротив одного из машиностроительных предприятий, выпускающего большеразмерную продукцию, и техническая проходная завода расположена также напротив учебного корпуса. Кроме того, неподалёку находятся два бетоносмесительных участка и бетоносмесительный транспорт также движется по данной дороге.

На рис.1 показан вид на здание со стороны дороги. Видно, что в летнее время частично здание «прикрыто» листвой деревьев, что, впрочем, не оказывает сколь-нибудь значимого влияния на характер распространения шума. Здание имеет 3 этажа и размеры 37х23х9,75 метров. Коридор расположен в середине здания, имеет Г-образную форму. С учётом толщины стен очевидно, что шум внутрь здания в основном проникает через окна, которые могут быть открыты.



Рис.1. – Вид на корпус №5

### Схема эксперимента

Измерения по оценке ослабления уровня звукового давления (УЗД) при различных положениях створок окна проводилось с тыльной стороны здания, на территории старой техногенной зоны, которая с разных сторон огорожена двумя зданиями и бетонным забором. Преградой на пути шума с проезжей части является само здание и бетонный забор высотой 3 метра.

Источник акустического шума (ИШ) располагался на удалении 23 метров от стены на линии перпендикуляра относительно здания. Выбор такого расстояния обусловлен тем, что расстояние от фасада здания до осевой линии полосы транспортного движения равен именно этому значению. Высота расположения излучателей – на уровне 1 метра.

В качестве источника шума использовалась звукоусилителя установка, состоящая из усилителей РУШ-5 (240 Вт), излучателей ру-

порных НР-10Т (100 Вт), музыкального центра Samsung MAX-KJ630. Шумовой сигнал формировался специальным генератором широкополосного шума и подавался с ПК. В качестве контрольно-измерительного прибора использовался шумомер АССИСТЕНТ. Измерения проводились в линейном режиме в третьоктавных диапазонах. Микрофон закреплялся на стойке на высоте 1,5 метра от пола. Шумомер проходил калибровку с помощью калибратора СА-114, прошедшего стандартную процедуру калибровки с выдачей Акта.

Общая схема расположения корпуса, окружающих строений и ИШ показана на рис.2. Отдельно выделена аудитория А-110, в которой проводились измерения, результаты которых представлены в данной работе.

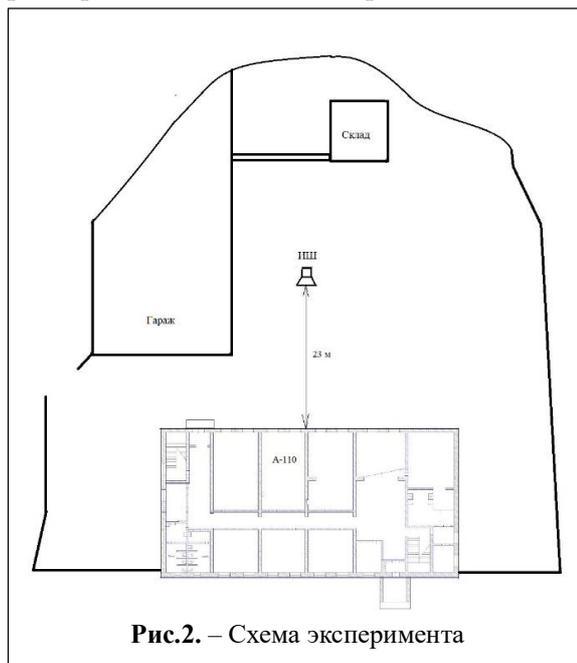


Рис.2. – Схема эксперимента

При проведении измерений в каждой точке удаления фиксировалось по пять групп данных в третьоктавных полосах. Затем по соотношению

$$L_{fcp} = 10 \lg \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right), \quad (1)$$

где  $L_{fcp}$  – среднее значение УЗД на частоте  $f$ ;  $i$  – число измерений на данной частоте (в нашем случае  $i=1 \dots 5$ );  $L_i$  – зафиксированное значение УЗД на конкретной частоте в  $i$ -том

измерении, вычислялось среднее значение по каждой частоте. Такая методика предусмотрена действующим стандартом [3].

Перед началом измерений аналогичным образом фиксировались уровни звукового давления (УЗД) на расстоянии 1 м от источника шума – АЧХ шума. Затем на каждой рабочей частоте определялось значение изменения  $\Delta L_f$  УЗД в точке измерения (ТИ) в сравнении с АЧХ исходного сигнала

$$\Delta L_f = L_f^{\text{АЧХ}} - L_f^{\text{ТИ}}, \quad (2)$$

где  $L_f^{\text{АЧХ}}$  – УЗД на частоте  $f$  на расстоянии 1 метр от ИШ;  $L_f^{\text{ТИ}}$  – УЗД на частоте  $f$  в рассматриваемой точке измерения.

### Результаты

Измерения проводились в учебной аудитории А-110 на расстоянии 1 метра от окна последовательно для трёх положений створки: 1) закрыто; 2) приоткрыто (верхняя часть

УЗД в аудиториях учебных заведений [4], значения, характеризующие АЧХ ИШ и УЗД от большегрузного транспорта.

Пересчёт полученных значений в реальное уменьшение УЗД относительно зафиксированного УЗД от движения большегрузного транспорта производился по соотношению

$$\Delta L_f^{\text{бг}} = \Delta L_f - L_f^{\text{АЧХ}} - L_f^{\text{бг}}, \quad (3)$$

где  $\Delta L_f^{\text{бг}}$  – уровень звукового давления акустического шума в аудитории относительно шума, создаваемого большегрузным транспортом;  $L_f^{\text{бг}}$  – уровень звукового давления, создаваемого большегрузным транспортом.

В таблице 2 представлены значения УЗД для трёх отмеченных случаев положения оконной створки (закрыто, приоткрыто, открыто) в рассматриваемой аудитории для случая использования ИШ и для реальных значений шума от большегрузного транспорта, а также результаты сопоставления с предельно-

Таблица 1

	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Допустимые значения	79	63	52	45	39	35	32	30	28
АЧХ источника шума	55,9	66	77,55	88,8	109,31	118,32	106,94	93,85	71,46
Уровень шума, создаваемый большегрузами	104,1	114,5	97	94,4	93,9	90,5	85,7	78,8	71,9

створки); 3) открыто.

Трудностью при оценке реального превышения допустимых значений УЗД было то, что уровень шума синтезированного шума не соответствовал реальной шумовой обстановке около здания. Для устранения этого противоречия были проведены замеры уровней звукового давления на расстоянии 7 метров от осевой линии полосы движения (предусмотрено ГОСТ 23337-2014 [3]) в моменты прохождения большегрузного транспорта. В таблице 1 показаны предельно-допустимы

допустимыми уровнями (ПДУ) для второго случая (для большегрузов).

При этом необходимо учитывать и то затухание, которое имеет место на трассе распространения сигнала от ИШ до здания.

Таблица 2

УЗД шума в аудитории относительно ИШ									
Окно закрыто	44,4	26,2	44,5	30,1	51,4	63,3	55,2	33,8	20
Окно приоткрыто	43,6	34,9	50,5	42,1	63,7	74,8	76,7	51,2	30,3
Окно открыто	51	39,5	53,9	50,2	70,6	86,5	87,6	65,1	43,7
УЗД шума в аудитории относительно большегрузного транспорта									
Окно закрыто	92,6	74,7	63,9	35,7	36	35,5	34	18,8	20,4
Окно приоткрыто	91,8	83,4	69,9	47,7	48,3	47	55,4	36,1	30,7
Окно открыто	99,2	88	73,4	55,8	55,1	58,7	66,4	50,1	44,1
Превышение норм УЗД шума в аудитории относительно большегрузного транспорта									
Окно закрыто	13,6	11,7	11,9	-9,3	-3	0,5	2	-11,2	-7,6
Окно приоткрыто	12,8	20,4	17,9	2,7	9,3	12	23,4	6,1	2,7
Окно открыто	20,2	25	21,4	10,8	16,1	19,7	34,4	20	16,1

### Обсуждение результатов

На рис.3 представлено изменение УЗД в точке измерения при трёх положениях створки окна.

На частоте 31,5 Гц разница между положениями окна «закрыто» и «приоткрыто» несущественна (1,2 дБ). Более ощутима разница между этими положениями с открытым окном – 6,5 дБ, хотя и эта разница не может считаться существенной.

На частоте 63 Гц для всех случаев наблюдается спад УЗД, более ярко выраженный для случая закрытого окна (на 18,2 дБ). В двух других случаях спад, соответственно, на 8,6 дБ и на 11,5 дБ. К частоте 125 Гц для всех случаев уровня наблюдается подъём (на 18,3 дБ при закрытом положении окна, на 15,5 дБ при приоткрытом положении окна и на 14,4 дБ при открытом положении окна). Затем на частотном промежутке 125 – 250 Гц вновь происходит спад, пологий для случая открытого

положения окна (на 3,7 дБ), более выраженный для приоткрытого положения окна (на 8,3 дБ) и наиболее выраженный для закрытого положения окна (на 14,4 дБ). Далее для всех случаев в частотном промежутке 250 – 1000 Гц наблюдается ярко выраженный подъём характеристики. Перепад значений в этом диапазоне составляет, соответственно, 33,2 дБ, 32,7 дБ и 36,3 дБ. В дальнейшем наблюдается спад характеристики. При закрытом окне к частоте 8000 Гц падение УЗД составляет 43,3 дБ. В случаях приоткрытого и открытого окна к частоте 2000 Гц имеет место незначительный подъём (1,8 и 1,1 дБ), а затем также наблюдается уменьшение УЗД с падением на 46,4 и 44,1 дБ соответственно.

Очевидно, что в низкочастотном диапазоне (до 125 Гц) различия в УЗД при разных состояниях окна не являются существенными. Некоторые колебания «вверх-вниз» относительно среднего значения могут иметь

разную природу. Для анализа этих колебаний рассмотрим АЧХ источника шума (см. рис. 4).

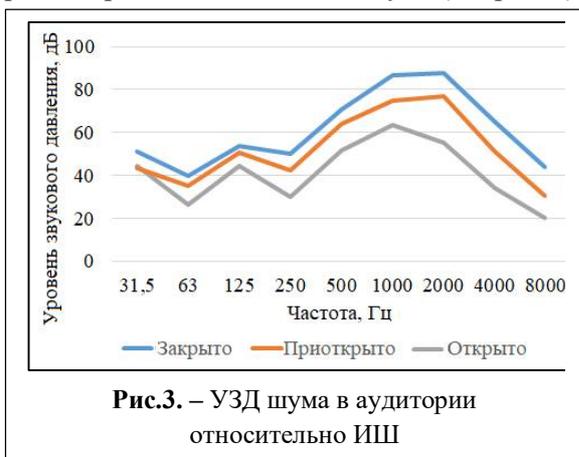


Рис.3. – УЗД шума в аудитории относительно ИШ

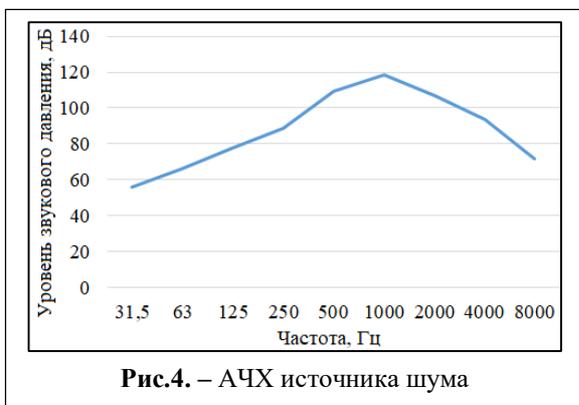


Рис.4. – АЧХ источника шума

Очевидно, что исходная АЧХ имеет достаточно ровный вид без резких перепадов в указанной области. Общий подъём характеристики к частоте 1000 Гц со спадом по краям, определяемый основными излучающими элементами системы - рупорными излучателями НР-10Т, наблюдается и на рис.3. Следовательно, колебания УЗД во всех трёх случаях положения окна определяются либо влиянием подстилающей поверхности по трассе распространения сигнала, либо резонансными свойствами системы «окно-аудитория».

В любом случае, сделать выводы о соответствии или не соответствии УЗД в аудитории установленным ПДУ шума на основании рассмотренных результатов не представляется возможным. Для выводов о соответствии или не соответствии реального шума санитарным нормам необходимо проанализировать результаты сопоставления уровней реального

шума от большегрузного транспорта, пересчитанных с учётом ослабления, вносимого окнами в разных положениях створки. Результаты такого сопоставления, полученные по формуле (3) и показанные в таблице 2, представлены на рис.5.

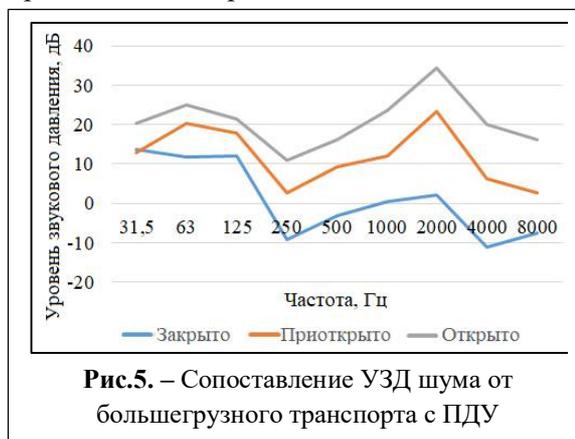


Рис.5. – Сопоставление УЗД шума от большегрузного транспорта с ПДУ

Анализ полученных значений показывает, что в пересчёте на реальный уровень шума от большегрузного автотранспорта почти во всех случаях имеет место превышение ПДУ. Только для случая полностью закрытого окна на частотах около 250-500 Гц и 4000-8000 Гц обеспечивается требуемый уровень защиты. Так же в районе частоты 1000 Гц есть почти полное соответствие нормам ПДУ и в точке 2000 Гц превышение на 2 дБ.

### Заключение

Т.о., можно считать, что в конкретных условиях учебного корпуса №5 МИ ВлГУ сложно говорить о выполнении положений [2] в части, например, использования материалов и конструкций, препятствующих распространению шума, и санитарных правил [4], определяющих предельно-допустимые уровни звукового давления в учебных аудиториях.

Колебания (см. рис.3) УЗД в низкочастотной области следует, скорее всего, отнести на счёт влияний подстилающей поверхности (по направлению от ИШ к зданию имеется положительный уклон почвы) и собственных резонансных свойств в системе «окно-аудитория». Впрочем, когда речь идёт о пересчёте

УЗД на реальные значения от большегрузов, колебания проявляются не так отчётливо.

Очевидно, что Соблюдение норм ПДУ имеет место только в случае полностью закрытых окон.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-38-00909.*

### Литература

1. Конструкторские расчёты элементов РЭС в условиях механических и акустических воздействий: Учеб. пособие / В.В. Булкин, В.Е. Беляев,

**Поступила 17 ноября 2019 г.**

В.Н. Сергеев; Под ред. В.В. Булкина. – Муром: Изд.-полигр. Центр МИ ВлГУ, 2001. – 131с.

2. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности –М.: Стандартиформ, 2014. -41 с.

3. ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий / Инженерная и санитарная акустика. Сборник нормативно-методических документов. В 2 томах. Том 1. –СПб.: Компания «Интеграл», 2008. –С.355-384.

4. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. –М.: Минрегион России, 2011. -42 с.

The article assesses the level of acoustic noise absorption that penetrates the classrooms of the building No. 5 MI VISU from heavy-duty transport, in relation to window frames created on the basis of plastic structures that have three stable positions: closed, slightly open (the upper part of the frame is thrown back) and closed. For research purposes, we used an artificial broadband noise source consisting of RUSH-5 amplifiers (240 W), HP-10T horn emitters (100 W), and Samsung MAX-KJ630 music center. The noise source was installed from the rear of the building at a distance equivalent to the distance from the building to the centerline of the traffic lane. The rating is given for the classroom located on the first floor. It was found that in the frequency range from 31.5 to 250 Hz, there is a fluctuation in the sound pressure level of noise that penetrates the audience at all positions of the window. The attenuation introduced by the window structure is recalculated to a real acoustic signal from a heavy-duty vehicle. It is concluded that in General, compliance with the maximum permissible values of the sound pressure level in the audience can only be said in the case of fully closed window openings.

Keywords: acoustic noise, sound pressure level, noise source, maximum permissible level, measurements.

*Яшина Диана Алексеевна* – студент кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

*E-mail:* kleimoraad@mail.ru

*Коробков Дмитрий Сергеевич* – студент кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

*Хромулина Татьяна Дмитриевна* – инженер Муромского филиала ООО "Владимиртеплогаз".

602263, г. Муром, ул. Первомайская, 110А

*E-mail:* misery83@yandex.ru

*Булкин Владислав Венедиктович* – доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

*E-mail:* lwb-kipra@mail.ru.

