



Исследование акустики учебных помещений по критерию разборчивости речи

А.И. Иванцов¹, А.С. Петров¹, Д.А. Кулагина²

¹ Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Российская Федерация

² ООО «РС-Концепт», г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Акустика учебного помещения, в частности артикуляция (разборчивость речи), оказывает влияние на восприятие учебной информации. Разборчивость речи может оцениваться как на этапе проектирования, так и натурно в помещении, однако параметры, положенные в основу данных методик, отличаются, а следовательно могут отличаться и результаты.

Целью работы является выявление зависимости между разборчивостью речи в учебных аудиториях различной типологии с их архитектурными параметрами. Для достижения цели в работе решались следующие задачи:

- оценить разборчивость речи в учебных аудиториях натурным и расчетным методами;
- провести оценку сходимости различных методов;
- выявить взаимосвязь между различными архитектурными параметрами учебных аудиторий и разборчивостью речи в них.

Результаты. Разброс значений артикуляции в одном помещении при различных слушателях может составлять несколько десятков процентов. Исследование показало, что человеческий фактор (не заинтересованность в эксперименте, отвлекающее и мешающее поведение учащихся, острота слуха и пр.) может вносить гораздо больший вклад в разборчивость речи, нежели объемно-планировочные и акустические характеристики помещения.

Выводы. В работе показано, что для достижения более высоких значений разборчивости речи в учебных кабинетах следует отдавать предпочтение более компактным помещениям с меньшими габаритами и меньшим количеством посадочных мест, что позволит снизить удаленность слушателей от оратора, а также минимизирует возможность к общению слушателей между собой и как следствие улучшение восприятия информации.

Ключевые слова: акустика, разборчивость речи, артикуляция, время реверберации, учебные кабинеты

Для цитирования: Иванцов А.И., Петров А.С., Кулагина Д.А. Исследование акустики учебных помещений по критерию разборчивости речи // Известия КГАСУ, 2024, № 4(70), с. 171-180, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/70.15, EDN: NBHXPД

Study of acoustics of educational premises by the criterion of speech intelligibility

A.I. Ivantsov¹, A.S. Petrov¹, D.A. Kulagina²

¹Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation

²RS-Concept LLC, Kazan, Russian Federation

Abstract: Problem statement. The acoustics of the classroom, in particular articulation (speech intelligibility), affects the perception of educational information. Speech intelligibility can be assessed both at the design stage and in-situ indoors, however, the parameters underlying these techniques differ, and therefore the results may differ.

The aim of the work is to find the relationship between speech intelligibility in classrooms of various typologies with their architectural parameters. To achieve the goal, the following tasks were solved in the work:

- to evaluate speech intelligibility in classrooms using full-scale and computational methods;
- to evaluate the convergence of different methods;
- to identify the relationship between the various architectural parameters of classrooms and the intelligibility of speech in them.

Results. The spread of articulation values in the same room with different listeners can be several tens of percent. The study showed that the human factor (lack of interest in the experiment, distracting and interfering behavior of children, hearing acuity, etc.) can make a much greater contribution to speech intelligibility than the spatial planning and acoustic characteristics of the room.

Conclusions. The paper shows that in order to achieve higher values of speech intelligibility in classrooms, preference should be given to more compact rooms with smaller dimensions and fewer seats, which will reduce the distance of listeners from the speaker and minimize the opportunity for listeners to communicate with each other and, as a result, improve information perception.

Keywords: acoustics, speech intelligibility, articulation, reverberation time, classrooms

For citation: Ivantsov A.I., Petrov A.S., Kulagina D.A. Study of acoustics of educational premises by the criterion of speech intelligibility // News of KSUAE, 2024, № 4(70), p. 171-180, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/70.15, EDN: NBHXPД

1. Введение

Благоприятный акустический режим в учебной аудитории позволяет обеспечивать передачу речевой информации от лектора к учащимся на должном уровне. Низкий уровень восприятия речевой информации является признаком неудовлетворительной акустики помещения.

В актуальных нормативных документах по проектированию учебных заведений как среднего (СП 251.1325800.2016. Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования), так и высшего звена (СП 278.1325800.2016. Здания общеобразовательных организаций высшего образования. Правила проектирования) практически отсутствуют требования к качеству акустики учебных помещений. В общем случае, в помещениях, требующих специального акустического благоустройства и создания оптимальных условий для восприятия аудиоинформации требуется учитывать только мероприятия по снижению уровня шума, т.е. мероприятия по звукоизоляции.

Традиционно качеству акустики уделяется особое внимание при проектировании зальных помещений различного назначения, в том числе лекционных залов (раздел 13, СП 51.13330.2011. Защита от шума). Под зальным помещением в этом случае понимается помещение с массовым пребыванием людей, к которым типовые учебные аудитории на 25-30 человек можно отнести с большим трудом, а значит нормы и методы акустического расчета к ним не применимы или применимы ограниченно.

Вместе с тем, известно, что акустика помещения может оказать существенное влияние на восприятие и усвоение информации [1]. Ряд исследований установили, что шум и плохая акустика помещения оказывают негативное влияние на здоровье учителей [2-4]. Кроме того, в работах [5, 6] показано, что дети школьного возраста более чувствительны к акустическим условиям в помещении, чем взрослые.

Качеству внутренней среды учебных пространств образовательных учебных заведений уделяется значительное внимание в работах различных авторов [7, 8], акустическому комфорту особое внимание уделяется в следующих в работах [9-11]. Авторы в своих работах показывают, что обеспечение акустического комфорта в пространствах учебных заведений - сложная и актуальная задача для инженеров и дизайнеров.

Основным критерием качества акустики помещения является время реверберации. Для помещений, предназначенных для прослушивания речи, к которым относятся и учебные аудитории, важным параметром акустики является также разборчивость (артикуляция) речи, основанная на способности человека воспринимать отдельные единицы речи [12, 13]. Артикуляция определяется количеством правильно услышанных и понятых слушателями языковых единиц (слов, слов или фраз). В общем случае она зависит:

- от степени заглушенности помещения от внешнего шума,
- от характеристик помещения,
- от условий воспроизведения речи (непосредственно или с помощью преобразующих систем),
- от вида и объема применяемых текстов (фразы, слога),
- от слушателей (от их числа, навыков, от культурного уровня, внимательности, подготовленности).

Для имеющегося помещения разборчивость речи определяется экспериментально с использованием стандартных артикуляционных логатомных испытаний разборчивости речи: ГОСТ 25902-2016. «Зрительные залы. Методы определения разборчивости речи», ГОСТ 51061-97 «Параметры качества речи и методы ее измерения», «ГОСТ Р 50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости», ISO/TR4870, IEC 60268-16. При проведении натурного метода оценки разборчивости речи дикторы произносят в умеренном темпе слова или фразы, а слушатели записывают на бумагу или выделяют подчеркиванием услышанные речевые фрагменты. Отношение правильно записанных речевых единиц к общему числу произнесенных, выраженное в процентах, является численной характеристикой разборчивости. Для оценки разборчивости могут использоваться звуки, слоги, слова или фразы. В зависимости от этого артикуляцию подразделяют на звуковую, слоговую, словесную и фразовую.

Для архитектора, разрабатывающего объемно-планировочные решения учебных аудиторий и подбирающего оптимальную отделку помещения, важно иметь методику проектирования, которая позволяет связать выше названные параметры с качеством акустики помещений.

Расчет артикуляции речи для проектируемого помещения, как правило, проводят по предложенной Кнудсенем В.Д. формуле [14], которая учитывает влияние основных факторов: формы помещения, громкости речи оратора, реверберационной характеристики помещения и шумового фона:

$$A = 96 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4, \% \quad (1)$$

где K_1 - коэффициент искажения, зависящий от громкости,

K_2 - коэффициент искажения, зависящий от времени реверберации,

K_3 - коэффициент искажения, зависящий от наличия шума в помещении,

K_4 - коэффициент искажения, зависящий от формы помещения.

Анализ формулы (1) и коэффициентов K_1 - K_4 показывает, что артикуляция прямоугольных в плане помещений со сходной отделкой и временем реверберации должна быть одинаковой, т.к. данный расчет не учитывает фактор слушателей. При натурном методе оценки разборчивости речи экспертами или реальными слушателями в условиях средних и высших образовательных учреждений артикуляция для сходных помещений

может различаться. Данное обстоятельство рассмотрено в том числе в работе [15], где авторы ставят задачу разработки метода оценки разборчивости речи, который должен связать объективные акустические характеристики помещений и методологию проведения субъективных экспертиз по определению результатов артикуляционных логатомных испытаний разборчивости речи в помещениях различного назначения.

Кроме того, согласно справочным графикам для определения K_1 - K_3 в формуле (1) наиболее существенный вклад в снижение разборчивости речи вносит шумовой фон (коэффициент K_3), и для улучшения разборчивости речи в помещении с этой точки зрения требуется увеличивать звукоизолирующую способность ограждающих конструкций. Взаимосвязь разборчивость речи с уровнем фонового шума в достаточной мере отражена в работе [16], где авторы на основе моделирования и натурных испытаний показывают линейную зависимость между данными параметрами. В то же время, проведенные учеными из Канады экспериментальные исследования по оценке связи между разборчивостью речи и звукоизоляционными характеристиками ограждающих конструкций не выявили четкой зависимости между ними [17].

В этой связи целью работы является выявление зависимости между разборчивостью (артикуляцией) речи в учебных аудиториях различной типологии с их архитектурными параметрами. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить разборчивость речи в учебных аудиториях натурным и расчетным методами;
- провести оценку сходимости различных методов;
- выявить взаимосвязь между различными архитектурными параметрами учебных аудиторий и разборчивостью речи в них.

2. Материалы и методы

Исследование разборчивости речи как одной из основных акустических характеристик помещений, в которых воспроизводится речь, было проведено для ряда учебных кабинетов: для учебной аудитории кафедры архитектуры Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) и для шести учебных кабинетов средней школы в г. Ковылкино республики Мордовия.

Объемно-планировочные параметры исследуемых помещений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Объемно-планировочные параметры исследуемых помещений

Параметр	Аудитория КГАСУ	Учебный класс № 1а	Учебный класс № 2	Учебный класс № 9	Учебный класс № 15	Учебный класс № 18	Учебный класс № 18а
Поз.	1	2	3	4	5	6	7
Габариты (ДхШхВ, м)	8,7х5,6х3,3	11,3х3,1х2,8	8,8х5,9х2,8	5,8х5,7х2,8	8,8х6,0х2,8	11,6х5,5х2,8	5,6х5,4х2,8
Площадь, м ²	48,7	35,0	51,9	33,1	52,8	63,8	30,2
Объем, м ³	160,8	98,0	145,4	92,6	147,8	178,6	84,7

Разборчивость речи (артикуляция) определялась двумя методами:

- 1) расчетным по формуле (1) с применением справочных коэффициентов искажения;
- 2) натурным методом с применением артикуляционных логатомных испытаний разборчивости речи.

Для расчета разборчивости речи первым методом в помещении определялось время реверберации по методу прерываемого шума по ГОСТ Р ИСО 3382-2-2013 или расчетным путем через тип отделки поверхностей.

Натурный метод определения разборчивости речи принимался близким к методике ГОСТ Р 50840-95. Отличие заключалось в том, что слушателями выступали не обученные эксперты, а рядовые студенты и школьники, с которыми перед проведением испытаний был проведен подробный инструктаж по проведению замеров. Репрезентативность

результатов натурального исследования основывалась на неоднократном повторении замеров в различное время с различным составом и количеством слушателей. Студентам и школьникам зачитывались артикуляционные таблицы со слогами, которые они должны были расслышать и зафиксировать. По соотношению правильно услышанных гласных и согласных звуков вычисляется слоговая артикуляция помещения.

Артикуляция в помещении оценивается следующим образом:

при $A \geq 85\%$ – разборчивость речи отличная;

при $75 < A < 85\%$ – разборчивость речи хорошая;

при $65 \leq A < 75\%$ – разборчивость речи удовлетворительная;

при $A < 65\%$ – разборчивость речи неудовлетворительная.

3. Результаты и обсуждение

Для учебной аудитории кафедры архитектуры КГАСУ время реверберации определялось по методу ГОСТ Р ИСО 3382-2-2013, результаты представлены в виде графика на рис. 1.

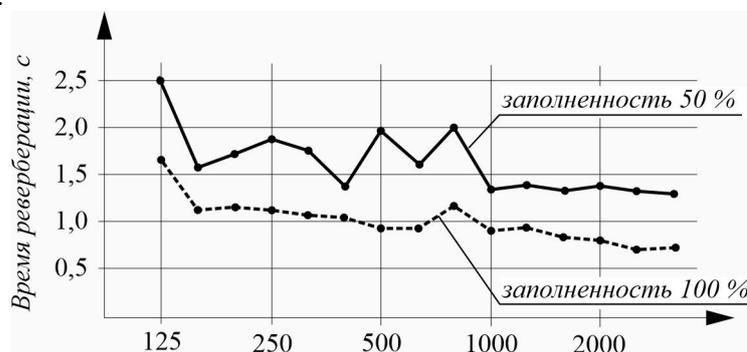


Рис. 1. Время реверберации в аудитории кафедры архитектуры КГАСУ при различной заполненности слушателями (иллюстрация авторов)

Fig. 1. Reverberation time in the classroom of the Department of Architecture of KSUAE with different occupancy rates (illustration by the authors)

Для учебных кабинетов средней школы время реверберации оценивалось расчетным путем. Значения времени реверберации, усреднённое по средним частотам (500-2000 Гц), приведено в таблице 2. Для полученного значения T , а также для остальных параметров исследуемого помещения были определены коэффициенты искажения для формулы (1) по справочным графикам и таблицам. Их значения также сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты расчета артикуляции помещения по формуле (1)

Помещение	Аудитория КГАСУ	Учебный класс № 1а	Учебный класс № 2	Учебный класс № 9	Учебный класс № 15	Учебный класс № 18	Учебный класс № 18а
Поз.	1	2	3	4	5	6	7
Время реверберации T , с	0,91/1,56*	0,69	0,56	0,85	0,56	0,47	0,94
K_1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
K_2	0,98 / 0,94*	0,99	0,99	0,98	0,99	1	0,97
K_3	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
K_4	1	1	1	1	1	1	1
A , %	72,65/69,68*	73,39	73,39	72,65	73,39	74,13	71,91

* значения для помещения с заполненностью слушателями 45-50 %

По значениям рассчитанной артикуляции A , приведенным в таблице, можно видеть, что при использовании рекомендуемых справочных величин и коэффициентов артикуляция учебных помещений с площадью 30-60 м² и типовой отделкой находится в диапазоне 69,7-74,1 %, и зависит главным образом от времени реверберации, так как

фоновый шум (K_3) и уровень громкости оратора (K_1) с достаточной точностью на этапе проекта оценить сложно.

Для аудитории КГАСУ, в которой время реверберации измерялось при различном проценте заполненности аудитории, данная зависимость также видна: при большем времени реверберации (при меньшей заполненности аудитории) расчетная артикуляция снижается. Так же, согласно нормативным требованиям, оптимальное время реверберации в помещениях для прослушивания речи должно составлять 0,63-0,77 с. Для помещений поз. 1, 4, 7 время реверберации выше оптимальных значений, в помещении поз. 3, 5 и 6 – ниже. Только для помещения поз. 2 время реверберации соответствует требуемым оптимальным значениям. В целом, данный вывод сопоставим с результатами исследования реверберации в типовых школах г. Москвы и Московской области [11].

Результаты натурного измерения разборчивости речи, определяемого методом артикуляционных логатомных испытаний для аудитории КГАСУ, представлены на графиках, рис. 2.

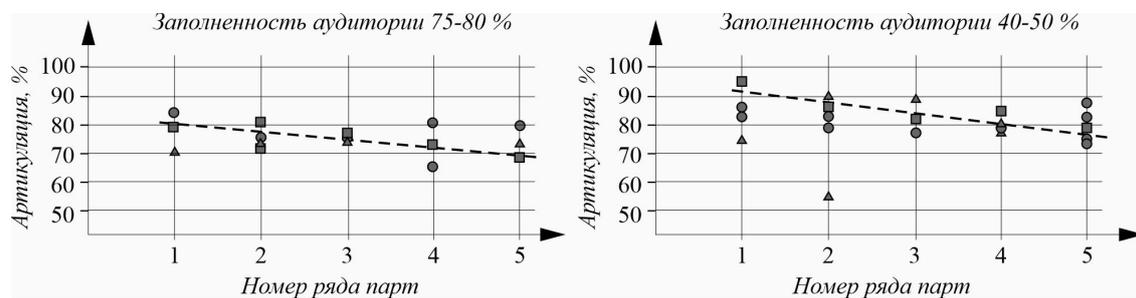


Рис. 2. Графики распределения артикуляции (разборчивости речи) по глубине учебной аудитории вуза при различной заполненности слушателями (иллюстрация авторов)

– форма точек на графиках соответствует количеству проведенных исследований с разными слушателями

Fig. 2. Graphs of articulation (speech intelligibility) distribution by depth of a university classroom with different occupancy rates (illustration by the authors)

– the shape of the points on the graphs corresponds to the number of studies conducted with different listeners

Результаты исследования показывают:

– разборчивость речи имеет тенденцию к ослаблению при удалении от оратора, и следовательно, глубина помещения даже в пределах 9 м может оказать влияние на артикуляцию речи;

– заполненность аудитории слушателями показывает обратное влияние на разборчивость речи: при меньшей заполненности помещения разборчивость речи оказывается в среднем выше разборчивости при большей заполненности. Для учебных аудиторий данное обстоятельство может быть связано с меньшей возможностью к общению студентов и минимизации в этом случае фонового шума;

– измеренная разборчивость речи в аудитории составляет в среднем от 75 до 90 %, что выше значений, рассчитанных по формуле (1).

Результаты натурного измерения разборчивости речи, определяемого методом артикуляционных логатомных испытаний для некоторых учебных кабинетов школы, представлены на графиках, рис. 3.

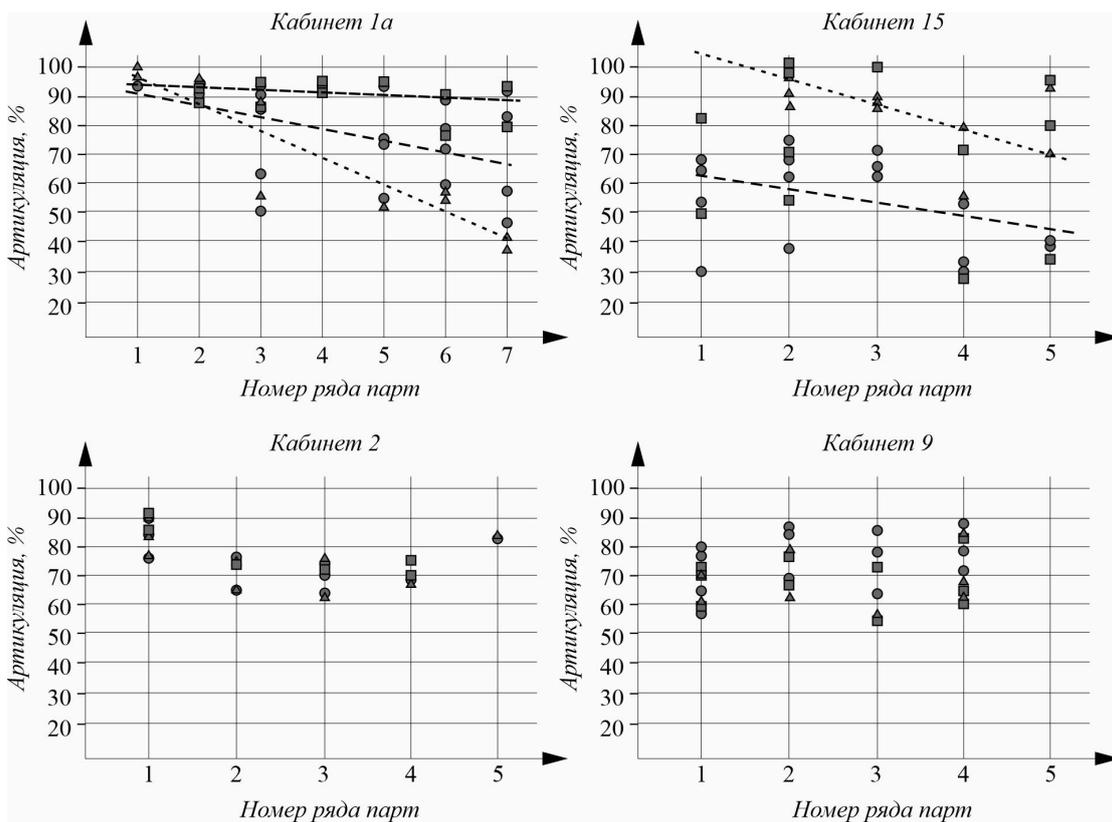


Рис. 3. Графики распределения артикуляции (разборчивости речи) по глубине учебных кабинетов общеобразовательной школы (иллюстрация авторов)

– форма точек на графиках соответствует количеству проведенных исследований с разными слушателями

Fig. 3. Graphs of articulation (speech intelligibility) distribution by depth of classrooms in a comprehensive school (illustration by the authors)

– the shape of the points on the graphs corresponds to the number of studies conducted with different listeners

Анализ графиков показывает следующее:

– разброс значений артикуляции для одного и того же ряда в одном помещении при различных слушателях может составлять несколько десятков процентов, что говорит о высокой субъективности данного метода и большой зависимости от экспертов-слушателей;

– для ряда кабинетов в целом сохраняется тенденция к снижению значений разборчивости речи при удалении от оратора, для других помещений такой тенденции не прослеживается.

– при одинаковых объемно-планировочных решениях (габариты, отделка поверхностей, заполненность аудитории) разборчивость речи может варьироваться от 30 до 98 % (на примере кабинета 1a и 15).

Проведенные исследования показывают недостаточную сходимость расчетного метода определения разборчивости речи с натурными замерами.

Анализ полученных результатов показывает, что человеческий фактор (не заинтересованность в эксперименте, отвлекающее и мешающее поведение учащихся, острота слуха и пр.) могут вносить гораздо больший вклад в разборчивость речи, нежели акустические характеристики помещения.

4. Заключение

Проведенные исследования акустики учебных помещений на предмет определения разборчивости речи в них позволили сделать следующие выводы:

– расчетное значение разборчивости речи, определенное по формуле Кнудсена для кабинетов схожей объемно-планировочной структуры, лежит в диапазоне 69,7-74,1 % и

зависит, главным образом, от времени реверберации в помещении, т.е. от объема и типа отделки поверхностей;

– экспериментально полученное значение разборчивости речи для тех же помещений находится в широком диапазоне от 40 до 98 % и зависит главным образом не от объемно-планировочных особенностей помещений, а от субъективного восприятия речи слушателями;

– расчетный метод определения разборчивости речи по формуле (1) для учебных кабинетов имеет слабую сходимость с натурными замерами;

– для достижения более высоких значений разборчивости речи в учебных кабинетах следует отдавать предпочтение более компактным помещениям с меньшими габаритами, что позволит снизить удаленность слушателей от оратора, а также меньшему количеству посадочных мест, что минимизирует возможность к общению слушателей между собой и как следствие улучшение восприятия информации.

Список литературы/ References

1. Тарасенко В. Н., Самойлова А. Ю., Мосиенко А. С. Акустический комфорт помещения, как один из факторов формирования средового пространства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2020, № 12. С. 65-73. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-65-73. – EDN JQCEQS.
Tarasenko V. N., Samoiloa A. Yu., Mosienko A. S. Acoustic comfort of a room as one of the factors of formation of an environmental space // Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2020, No. 12. P. 65-73.
2. Vojtech Chmelík, Monika Rychtáriková. Voice and classroom interactions. Recent outcomes / Architectural Acoustics - Room and Building Acoustics: Paper ICA2016-278. Buenos Aires – September 5-9, 2016.
3. Viveka Lyberg-Åhlander, Roland Rydell, Anders Löfqvist, David Pelegrin-García, Jonas Brunskog. Teachers' voice use in teaching environment. Aspects on speakers' comfort / Energy Procedia, Volume 78, 2015, P. 3090-3095, ISSN 1876-6102, DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.762.
4. Lady Catherine Cantor-Cutiva, Relationship Between Room Acoustics With Voice Symptoms and Voice-Related Quality of Life Among Colombian School and College Teachers During Online Classes in Times of COVID-19 Pandemic, Journal of Voice, Volume 38, Issue 5, 2024, P. 1115-1119, ISSN 0892-1997, DOI:10.1016/j.jvoice.2022.03.008.
5. Vettori G., Di Leonardo L., Secchi S., Astolfi A., Bigozzi L. Primary school children's verbal working memory performances in classrooms with different acoustic conditions, Cognitive Development, Volume 64, 2022, 101256, ISSN 0885-2014, DOI: 10.1016/j.cogdev.2022.101256.
6. Daniel Connolly, Julie Dockrell, Bridget Shield, Robert Conetta, Charles Mydlarz, Trevor Cox; The effects of classroom noise on the reading comprehension of adolescents. J. Acoust. Soc. Am. 1 January 2019, 145 (1). P. 372–381. DOI: 10.1121/1.5087126.
7. Хазиахметова Е. В., Ахтямов И. И., Ахтямова Р. Х. Принципы организации архитектурного пространства школы на основе педагогической методике Реджио Эмилия // Архитектура и современные информационные технологии. 2019. № 3(48). С. 148-163. – EDN JPUJLL
Khaziakhmetova E. V., Akhtyamov I. I., Akhtyamova R. Kh. Principles of organizing the architectural space of a school based on the pedagogical methodology of Reggio Emilia // Architecture and modern information technologies. 2019. No. 3 (48). P. 148-163.
8. Садыкова Л. Р., Ахтямов И. И., Ахтямова Р. Х. Архитектурные принципы организации сенсорно-стимулирующих пространств дошкольных учреждений // Архитектура и современные информационные технологии. 2021. № 2(55). С. 320-336. DOI 10.24412/1998-4839-2021-2-320-336. – EDN JGECQM
Sadykova L. R., Akhtyamov I. I., Akhtyamova R. H. Architectural principles of organizing sensory-stimulating spaces in preschool institutions // Architecture and modern information technologies. 2021. No. 2 (55). P. 320-336.

9. Шибанов С. А., Барсукова Е. М., Жукова В. О., Фадеев А. С. Акустическая среда общеобразовательных учебных заведений г. Москвы // Акустика среды обитания : Шестая всероссийская конференция молодых ученых и специалистов: материалы конференции, Москва, 21 мая 2021 года / Под редакцией А.И. Комкина. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2021. С. 282-290. EDN VYEBMX
Shibanov S. A., Barsukova E. M., Zhukova V. O., Fadeev A. S. Acoustic environment of general education institutions in Moscow // Acoustics of the living environment: The 6th All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists: Conference Proceedings, Moscow, May 21, 2021 / Edited by A.I. Komkin. Moscow: Bauman Moscow State Technical University (National Research University), 2021. P. 282-290.
10. Тарасенко В. Н., Черныш Н. Д. Создание оптимального акустического режима в учебной аудитории как важный фактор оценки микроклимата помещения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2017. № 4. С. 36-40. DOI: 10.12737/article_58e61337a393b5.75313059. EDN YINIUL
Tarasenko V. N., Chernysh N. D. Creation of an optimal acoustic regime in a classroom as an important factor in assessing the microclimate of the room // Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2017. No. 4. P. 36-40.
11. Жукова В. О., Фадеев А. С. Время реверберации в типовых школах г. Москвы и Московской области // Сборник Трудов XXXIV сессии Российского акустического общества: Сборник трудов сессии, Москва, 14–18 февраля 2022 года. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство ГЕОС», 2022. С. 511-518. DOI: 10.34756/GEOS.2021.17.38124. EDN LZZMON
Zhukova V. O., Fadeev A. S. Reverberation time in typical schools of Moscow and the Moscow region // Proceedings of XXXIV session of the Russian Acoustic Society: Proceedings of the session, Moscow, February 14–18, 2022. Moscow: LLC “GEOS Publishing House”, 2022. P. 511-518.
12. Чернышева Т. В., Лукашова Е. А., Попов О. Б., Орлов В. Г. Моделирование и расчёт акустических параметров театрального зала со сложной архитектурной формой // Телекоммуникации и информационные технологии, 2022. Т. 9, № 2. С. 193-199. EDN IVWGML
Chernysheva T. V., Lukashova E. A., Popov O. B., Orlov V. G. Modeling and calculation of acoustic parameters of a theater hall with a complex architectural form // Telecommunications and information technology, 2022. Vol. 9, No. 2. P. 193-199.
13. Метелкин В. В., Кузнецов А. В., Чернышева Т. В. Измерение звуковых характеристик помещений сложной формы // Дневник науки, 2024. № 1(85). EDN DPQCZY
Metelkin V.V., Kuznetsov A.V., Chernysheva T.V. Measuring sound characteristics of rooms of complex shape // Science Diary, 2024. No. 1(85).
14. Беляев С. В. Акустика помещений. М: ЛКИ, 2020
Belyaev S. V. Acoustics of premises. M: LKI, 2020.
15. Щиржецкий Х. А., Алешкин В. М., Сухов В. Н. О соотношении различных параметров оценки разборчивости речи // БСТ: Бюллетень строительной техники, 2020. № 10 (1034). С. 46-48. EDN DWFJFJ
Shchirzhetsky H. A., Aleshkin V. M., Sukhov V. N. On the relationship between various parameters for assessing speech intelligibility // BST: Construction Equipment Bulletin, 2020. No. 10 (1034). P. 46-48.
16. Самойленко Н. А., Заец В. П. Влияние звукоизоляции ограждающих конструкций на разборчивость речи // Техническая акустика, 2013. Т. 13. С. 10. EDN RTJXZV
Samoylenko N.A., Zayets V.P. The influence of sound insulation of enclosing structures on speech intelligibility // Technical acoustics, 2013. Vol. 13. P. 10.
17. Park H. K., Bradley J. S. and Gover B. N. Evaluation of Airborne Sound Insulation in Terms of Speech Intelligibility // IRC Research Report, IRC RR-228, 2007.

Информация об авторах

Иванцов Алексей Игоревич, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация

E-mail: ivantsov.arch@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6047-3123

Петров Артем Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация

E-mail: ruarty@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6643-9110

Кулагина Дарья Алексеевна, архитектор, ООО «РС-Концепт», г.Казань, Российская Федерация

E-mail: kulagina-dasha99@mail.ru

Information about the authors

Aleksey I. Ivantsov, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: ivantsov.arch@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6047-3123

Artyom S. Petrov, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: ruarty@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6643-9110

Daria A. Kulagina, architect, RS-Concept LLC, Kazan, Russian Federation

E-mail: kulagina-dasha99@mail.ru