

УДК: 534.84

DOI: 10.34756/GEOS.2024.17.38848

Коррекция акустики спортивных арен после введения их в эксплуатацию

И.С. Волченкова^{1,a}, Н.Г. Канев^{1,2,3,b}, А.В. Перетокин^{1,c}, А.С. Фадеев^{1,d}

¹ ООО «Проектный Институт Строительной Акустики». Москва, ул. Новокузнецкая, д. 33, стр. 2

² Акустический институт им. акад. Н.Н. Андреева. Москва, ул. Шверника, д.4

³ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5

E-mail: ^airina.volchenkova@acoustic.ru, ^bNikolay.Kanev@mail.ru,

^cAnton.Peretokin@acoustic.ru, ^dAlex.Fadeev@acoustic.ru

Спортивные помещения большой вместимости без специальной звукопоглощающей отделки обладают низкими акустическими качествами, обусловленные, главным образом, значительным воздушным объемом и избыточной гулкостью, что в полной мере проявляется после начала эксплуатации таких объектов. Для улучшения акустического комфорта требуются специальные мероприятия по корректировке комплекса внутренней отделки с применением материалов с высоким коэффициентом звукопоглощения. Однако, на действующих объектах, как правило, существует множество ограничений, не позволяющих достичь оптимальных условий. В работе представлены практические примеры по коррекции акустики пяти спортивных арен, описаны выполненные мероприятия, приведены результаты измерения времени реверберации до и после коррекции. Обсуждены проблемы, связанные с задачами улучшения акустических условий в помещениях большого воздушного объема после введения их в эксплуатацию.

Ключевые слова: спортивные арены, время реверберации, акустическая отделка, звукопоглощение, акустический комфорт.

PACS: 43.55.Dt

Введение

Обеспечение комфортных акустических условий — важная задача при проектировании спортивных арен. Однако на практике нередко случаи, когда вопрос акустического комфорта поднимается уже после введения в эксплуатацию спортивных

арен, после проявления в них акустических дефектов, например, эха, избыточной гулкости, низкой разборчивости речи, объявлений, музыкального сопровождения.

Сложность реализации хорошей акустики в спортивных аренах связана, в первую очередь, с их большими габаритами: отражение звука от далеко расположенных друг от друга ограждающих конструкций может проводить к большому времени реверберации. Кроме того, материалы, применяемые для отделки внутренних поверхностей, часто являются жесткими (например, оштукатуренные и окрашенные стены, сэндвич-панели или металлический профлист на потолке), хорошо отражают звук и способствуют избыточной гулкости.

В работе [1] приведены результаты измерений времени реверберации на девяти спортивных аренах, в которых отсутствовала специализированная акустическая отделка, и наблюдались неудовлетворительные акустические условия – время реверберации было далеко от оптимальных значений. Для улучшения акустики необходимо применение звукопоглощающих материалов, с помощью которых можно снизить энергию звука, отраженного от ограждающих поверхностей [2-3].

1 Нормативные значения времени реверберации

Время реверберации – основной параметр, характеризующий акустику спортивных арен. При проектировании спортивных сооружений необходимо принимать оптимальные значения времени реверберации в соответствии с национальными стандартами или соответствующими рекомендациями. В России действует специализированный свод правил СП 415.1325800.2023 [4], в котором указаны оптимальные акустические условия для спортивно-зрелищных сооружений. Текст рассматриваемого стандарта претерпел недавно значительные изменения, в частности, в нормировании времени реверберации. Оптимальные значения времени реверберации в соответствии с [4] приведены на рис. 1.

2 Акустическое обследование спортивных арен

В настоящей работе рассматриваются три спортивных арены (со зрительными местами) и две тренировочные арены (без зрителей). Для рассматриваемых пяти арен на этапе проектирования вопрос акустики не был проработан, а после обнаружения избыточной гулкости и плохой разборчивости пользователями арен было принято решение о необходимости коррекции их акустики.

С целью установления несоответствия времени реверберации ее оптимальным значениям были проведены предварительные акустические обследования для каждого из объектов в соответствии со стандартной методикой [5], результаты которых

приведены в работе [1]. Анализ результатов показал несоответствие полученных значений оптимальным [4] даже при пересчете на 70% заполнение помещений зрителями.

2.1 Мероприятия для коррекции акустики спортивных арен

Для достижения оптимальных значений акустических параметров помещений необходимо применение звукопоглощающей отделки стен и потолка. Однако в спортивных аренах со зрителями, где большую часть стен представляют собой трибуны, площадь для звукопоглощающей отделки ограничена: доступна только небольшая площадь стен между последним рядом трибун и потолком. Кроме того, при выборе акустических материалов для стен необходимо учитывать, что они должны быть устойчивыми к механическим воздействиям (например, вызванного случайным попаданием спортивного снаряда), а также соответствовать требованиям пожарной опасности. В качестве звукопоглощающих материалов для потолка рассматриваются, как правило, пористые покрытия и свободновисящие горизонтальные и вертикальные элементы ввиду большого количества коммуникаций на потолке. При капитальном ремонте арен на практике встречаются и другие способы повышения звукопоглощения: добавление новых ярусов сидений [2], размещение между платформами для сидений (в зоне ног зрителей) звукопоглотителя, работающего по принципу резонатора Гельмгольца [3].

Для коррекции акустики рассматриваемых пяти спортивных арен был предложен комплекс мероприятий по отделке стен и потолков (табл. 1).

Таблица 1

Мероприятия для коррекции акустики арен

№	Арена	Мероприятия для коррекции акустики	
		Потолок	Стены
1	Центр волейбола, г. Казань	Звукопоглощающее пористое покрытие толщиной 25 мм	Звукопоглощающие панели из прессованного древесного волокна на каркасе
2	Центр гимнастики, г. Казань	Звукопоглощающее пористое покрытие толщиной 25 мм	-
3	Волейбольная арена «Динамо», г. Москва	Звукопоглощающее пористое покрытие толщиной 25 мм	Звукопоглощающие панели в металлической кассете
4	Большая тренировочная арена «Динамо», г. Москва	Звукопоглощающее пористое покрытие толщиной 25 мм	Звукопоглощающие панели из прессованного древесного волокна на каркасе
5	Малая тренировочная арена «Динамо», г. Москва	Звукопоглощающее пористое покрытие толщиной 25 мм	Звукопоглощающие панели из прессованного древесного волокна на каркасе

2.2 Результаты коррекции акустики спортивных арен

В табл. 2 приведены основные характеристики рассматриваемых пяти спортивных арен и результаты акустического обследования до реализации акустической отделки [1] и после нее. Значения времени реверберации указаны с учетом пересчета полученных значений на 70% заполненность зрителями. Методика пересчета представлена в [1].

Таблица 2

Результаты акустического обследования спортивных арен при наличии и отсутствии акустической отделки

№	Название объекта	Год измерения	V , тыс. м ³	Количество мест для зрителей N	Тип кресел	Значение T , с, на средних частотах	
						Без акустической отделки	С акустической отделкой
1	Центр волейбола, г. Казань	2013	65	3500	Ж	3.54	2.13
2	Центр гимнастики, г. Казань	2013	97	3200	П/М	4.31	3.48
3	Волейбольная арена «Динамо», г. Москва	2020	66	3500	Ж	3.27	1.86
4	Большая тренировочная арена «Динамо», г. Москва	2020	12.3	-	-	9.97	1.52
5	Малая тренировочная арена «Динамо», г. Москва	2020	4.8	-	-	5.25	1.59

Примечание к таблице: Ж – жесткое кресло; П/М – полумягкое кресло.

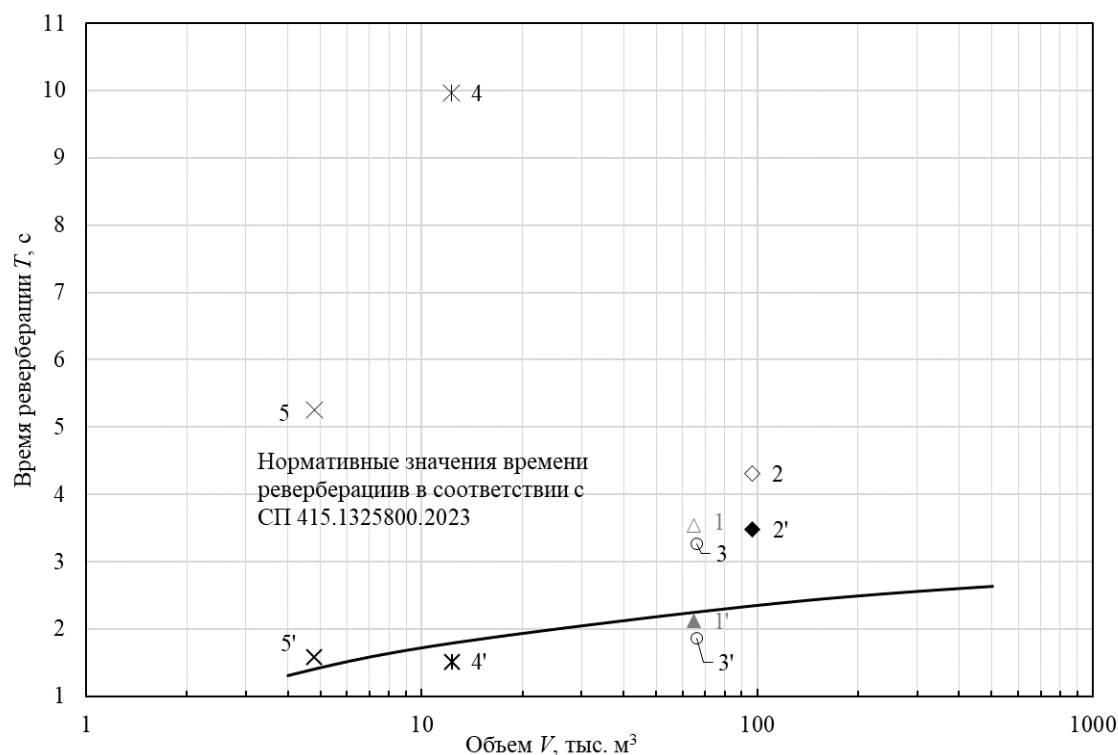


Рис. 1. Время реверберации на средних частотах на аренах при отсутствии акустической отделки (1-5) и при наличии акустической отделки (1'-5'). Нумерация арен в соответствии с Табл. 2.

На графике на рис. 1 отображены значения времени реверберации на средних частотах до и после реализации акустической отделки относительно оптимальных значений [4]. Как видно на графике, значения времени реверберации при наличии звукопоглощающей отделки и пересчете на 70% заполненность помещений близки к нормативным [4] практически для всех рассматриваемых арен. Однако результаты измерений, полученные для арены Центра гимнастики (2'), значительно превышают нормативные значения [4], поскольку на ней удалось реализовать не все акустические решения из рекомендованных. Данный объект является ярким примером того, что коррекция акустики на реализованных аренах представляет собой непростую задачу, поэтому вопрос акустики должен прорабатываться уже на этапе проектирования спортивных арен.

На рис. 2-3 показаны значения времени реверберации на аренах в октавных полосах частот. При отсутствии звукопоглощающей отделки графики времени реверберации имеют «колоколообразную» зависимость [1]. Реализация акустической отделки позволила добиться равномерности значений времени реверберации на средних и высоких частотах за счет высокого звукопоглощения на средних частотах. Однако в диапазоне 125-250 Гц кривая времени реверберации имеет подъем ввиду низкой эффективности примененных звукопоглощающих материалов на этих частотах.

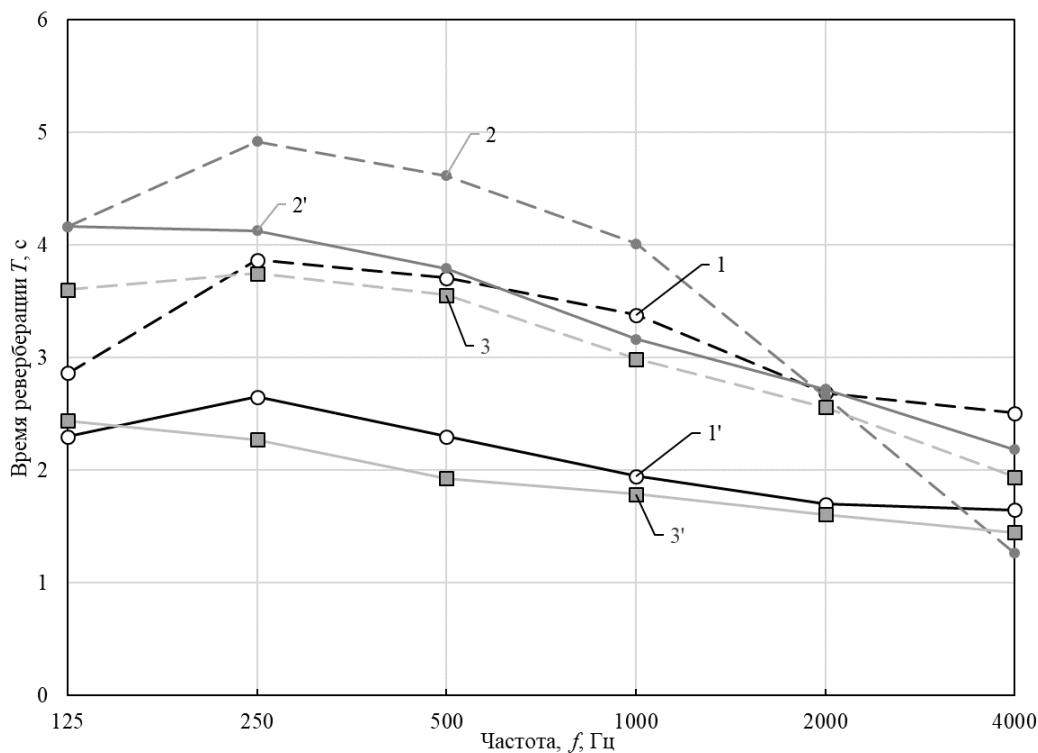


Рис. 2. Время реверберации в октавных полосах частот на аренах при отсутствии акустической отделки (1-3) и при наличии акустической отделки (1'-3'). Нумерация арен в соответствии с Табл. 2.

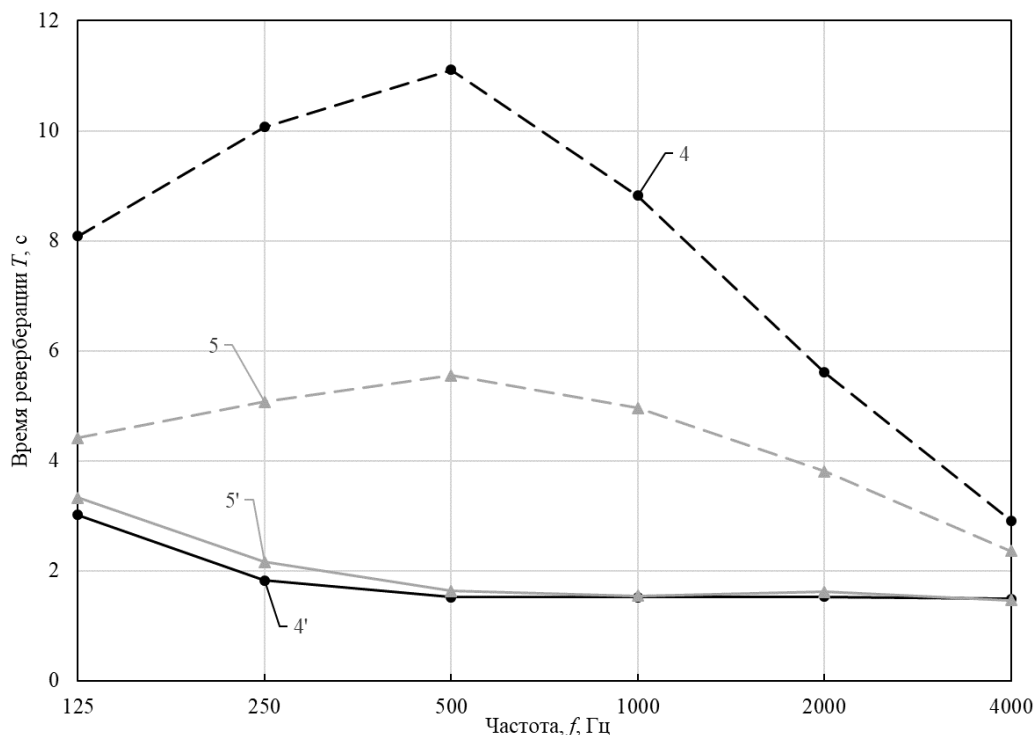


Рис. 3. Время реверберации в октавных полосах частот на тренировочных аренах при отсутствии акустической отделки (4-5) и при наличии акустической отделки (4'-5'). Нумерация арен в соответствии с Табл. 2.

Заключение

Для достижения оптимальных значений времени реверберации на спортивных аренах требуется применять специальные отделочные звукопоглощающие материалы. Без их применения уровень акустического комфорта на аренах оказывается довольно низким, что фактически выясняется только после введения их в эксплуатацию. Рассмотренные примеры показывают, что акустику спортивных арен можно существенно улучшить даже в тех случаях, когда проектом проигнорированы требования к акустическому комфорту.

Список литературы

1. Купоросова И.С., Перетокин А.В., Фадеев А.С., Канев Н.Г. // Акустика среды обитания. 2024. С. 247.
2. Rougier, C., Mercier, S., & Vercammen, M. // Forum Acusticum. 2020. P. 1907-1912.
3. Bradette A., Lorenz-Kierakiewitz K. // Inter-Noise, Austria. 2013. 7 p.
4. СП 415.1325800.2023 Здания общественные. Правила акустического проектирования: Минстрой России, 2023.
5. ГОСТ Р ИСО 3382-2-2013 Акустика. Измерение акустических параметров помещений. Часть 2. Время реверберации обычных помещений: Стандартинформ, 2019.

**НАЗАД К СОДЕРЖАНИЮ
СЕКЦИИ**

Сведения об авторах

1. Волченкова Ирина Станиславовна – инженер; тел.: 8 (953) 737-71-15, e-mail: irina.volchenkova@acoustic.ru.
2. Канев Николай Георгиевич – доктор физ.-мат. наук, доцент, ведущий инженер-акустик; тел.: 8 (968) 965-92-20, e-mail: Nikolay.Kanev@mail.ru.
3. Перетокин Антон Вячеславович – заместитель генерального директора по развитию; тел.: 8 (968) 965-92-19, e-mail: Anton.Peretokin@acoustic.ru.
4. Фадеев Александр Сергеевич – ведущий инженер-акустик; тел.: 8 (903) 178-64-64, e-mail: Alex.Fadeev@acoustic.ru