

Оценка и снижение шума на станции метрополитена открытого типа

Андрющенко А.К.
Аспирант, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова
г. Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская, д. 3

Аннотация

В работе рассматривается проблема превышений уровней шума в пассажирских помещениях станций Петербургского метрополитена и пути ее решения. На основании натуральных измерений определены уровни шума в пассажирских помещениях, на расположенных в них рабочих местах сотрудников, установлены основные источники шума и их характеристики, определены акустические параметры помещений. Рассмотрены типовые технические мероприятия, применение которых не требует технического переоборудования станций и позволяющие снизить уровни шума в пассажирских помещениях.

Ключевые слова: метрополитен, пассажирские помещения, уровень шума, шумозащитные мероприятия.

Assessment and noise reduction at the station of the subway of open type

Andryushchenko A.K.
Postraduate student, Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov
1-st Krasnoarmeyskaya str., h. 1, St.-Petersburg, Russia

Abstract

In work the problem of excesses of noise levels in passenger premises of the stations of the St. Petersburg subway and a way of her decision is considered. On the basis of natural measurements noise levels in passenger rooms, in the workplaces of employees located in them are determined, the main sources of noise and their characteristic are established, acoustic parameters of rooms are determined. Standard technical actions which application doesn't demand technical re-equipment of stations and the noise levels allowing to lower in passenger rooms are considered.

Key words: subway, passenger rooms, noise level, noise-protective actions

Введение

Санкт-Петербургский метрополитен представляет собой систему пассажирских и служебных помещений, позволяющих осуществлять транспортировку пассажиров и работу систем в условиях большого пассажиропотока. Основными пассажирскими помещениями типовых станций Петербургского метрополитена являются: вестибюль станции, расположенный в надземной части станции, эскалаторный тоннель (для станций глубокого заложения), платформенный зал (подземная часть станции) и в некоторых случаях пересадочный коридор между станциями.

Цель работы – снижение шума в пассажирских помещениях и расположенных в них рабочих местах станции метрополитена, достижение предельно допустимых уровней. Нормативные уровни для рабочих мест и пассажирских помещений станций метрополитена (далее – СМ) содержатся в [1] и устанавливаются:

Таблица 1

Предельно допустимые уровни шума для пассажирских помещений метрополитена и расположенных в них рабочих мест (СП 2.5.1337-03 «Санитарные правила эксплуатации метрополитенов»)

N п/п	Виды помещений, трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									УЗ и экв. УЗ, дБА	Макс. УЗ, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1	Производственные помещения											
г	Работа, требующая сосредоточенности, с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления, рабочие места в помещениях с шумным оборудованием и пр. (рабочие места дежурного по вестибюлю и по эскалатору)	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	
д	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.п. 1а... 1г) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий. (рабочие места дежурных по отправлению поездов, уборщиков, рабочей зоны машинного зала)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	
2	Пассажирские помещения	93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75

Станция метрополитена, для которой осуществлялась разработка шумозащитных мероприятий – колонная, глубокого заложения (~ 64 м). Колонны (по 39 шт. с каждой стороны) перронного зала облицованы белым мрамором. Полы – серым гранитом, путевые стены облицованы зелёной с чёрными вкраплениями, керамической рифлёной плиткой. Эскалаторный тоннель (выход со станции), содержащий 3 эскалатора, расположен в южном торце станции. Перекрытие потолка вестибюля сооружено с применением металлических балок, которые соединены между собой в виде треугольников и квадратов. Станция имеет 2 пути следования поездов.

Были проведены натурные измерения уровней шума в помещениях:

- вестибюля станции;
- эскалаторного тоннеля;
- платформенного зала станции.

Для определения уровней шума на рабочих местах сотрудников станции, были проведены измерения уровней на рабочих местах дежурного по вестибюлю, дежурной по эскалатору и в рабочей зоне машинного зала эскалаторной.

Измерения проводились в дневное и ночное время для следующих позиций:

- измерения уровней шума при движении поездов по I, II пути, уборочных машин, звуковой рекламы, пассажиров и работе двух эскалаторов в дневное время;

- то же при работе трех эскалаторов в дневное время;
- измерение фонового уровня шума в «ночное окно»;
- измерения уровней шума при работе одного эскалатора и уборочных машин в «ночное окно»;
- то же при работе двух эскалаторов в «ночное окно»;
- то же при работе трёх эскалаторов в «ночное окно»;
- измерение уровней шума при работе уборочных машин в «ночное окно».

1. Результаты измерений уровней шума

Вестибюль

Основными источниками шума в помещении вестибюля являются:

- аппараты по приему платежей и выдаче жетонов;
- предупредительная сигнализация входных турникетов;
- эскалаторы (при этом, уровень шума в вестибюле станции мало зависит от количества одновременно работающих эскалаторов (разница в 1 дБА при измерениях работы двух и трех эскалаторов одновременно)).

В ходе измерений установлено, что эквивалентные уровни звука в час-пик и в период минимального количества пассажиров имеют несущественные отличия.

Согласно результатам измерений уровней шума, в пассажирском помещении вестибюля станции превышение предельно допустимых уровней шума составляет 3-7 дБА для эквивалентного уровня и 2-3 дБА для максимального уровня звука.

Эскалаторный тоннель

Источниками шума в эскалаторном тоннеле станции являются:

- эскалаторы;
- звуковая реклама.

В ходе измерений установлено, что звуковая реклама не является значимым источником шума, влияние которого прослеживается только для области высоких частот. Отмечено также, что при передвижении пассажиров по эскалаторам устраняются посторонние шумы в виде ударов и постукиваний ступеней о неподвижные элементы устройства, т.к. пассажиры создают на них нагрузку, исключаящую микро люфты ступеней.

Согласно результатам измерений уровней шума, в пассажирском помещении эскалаторного тоннеля станции превышение предельно допустимых уровней шума составляет 7-14 дБА для эквивалентного уровня звука. Максимальные уровни звука не нормируются, поскольку шум в эскалаторном тоннеле определен как постоянный.

Платформенный зал

Источниками шума в помещении платформенного зала являются:

- движение электропоездов;
- система вентиляции воздуха (фоновый шум, усиливающийся для торцевой части платформенного зала).

Согласно результатам измерений уровней шума, в платформенном зале станции превышение предельно допустимых уровней шума составляет 25-26 дБА для эквивалентного уровня и 20-23 дБА для максимального уровня звука.

Рабочие места

Были проведены измерения уровней шума на рабочих местах дежурного по вестибюлю, дежурной по эскалатору, дежурной по станции.

Согласно результатам измерений уровней шума, на рабочих местах дежурного по вестибюлю и дежурной по эскалатору уровни шума не превышают предельно допустимые уровни.

Для рабочей зоны дежурной по отправлению поездов (платформенный зал) эквивалентный уровень звука превышает предельно допустимые уровни на 10 дБА. Максимальные уровни звука не превышают предельно допустимые уровни.

2. Акустические свойства пассажирских помещений СМ и описание процессов шумообразования в платформенном зале

Для создания математической модели помещений и проведения расчетов, в частности для расчета уровня звука от источников шума и определения звукопоглощающей способности ограждающих конструкций помещений, были проведены измерения акустических параметров помещений в соответствии с [3]. В соответствии с данным ГОСТом, проводилось измерение времени реверберации ориентировочным методом, методом прерываемого шума.

На основании полученных значений времени реверберации по формуле Эйринга (1) были определены коэффициенты звукопоглощения для пассажирских помещений СМ (табл. 2).

$$T = - \frac{0,162V}{S_{огр} \ln(1-\alpha_{ср})}, \quad (1)$$

где V – объем помещения, m^3 ;

$S_{огр}$ – площадь ограждающих конструкций помещения, m^2

$\alpha_{ср}$ – коэффициент звукопоглощения.

Таблица 2

Средний коэффициент звукопоглощения и эквивалентная площадь звукопоглощения пассажирских помещений СМ

Пассажирское помещение	Октавные полосы среднегеометрических частот, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Средний коэффициент звукопоглощения (Вестибюль станции)	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15	0,18
Эквивалентная площадь звукопоглощения, m^2 (Вестибюль станции)	326	330	319	301	301	371
Средний коэффициент звукопоглощения (Эскалаторный тоннель)	0,09	0,1	0,12	0,11	0,11	0,13
Эквивалентная площадь звукопоглощения, m^2 (Эскалаторный тоннель)	134	146	171	161	156	192
Средний коэффициент звукопоглощения (Платформенный зал станции)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,08
Эквивалентная площадь звукопоглощения, m^2 (Платформенный зал станции)	416	394	389	421	452	659

Результаты расчетов показывают, что пассажирские помещения при достаточно больших объемах помещений имеют малые эквивалентные площади звукопоглощения и звуковое поле помещений содержит большую долю отраженного шума.

В ходе измерений уровней шума в платформенном зале станции установлено, что основной вклад в процессы шумообразования вносит шум от движения подвижных составов. Анализ составляющих, входящих в общее излучение от подвижного состава показал, что имеются 3 важных отдельных источника излучения, формирующий звуковое поле:

- шум движущегося состава, возникающей в системе «колесо-рельс»;

- ударный шум от взаимодействия системы «колесо-рельс» при прохождении через изолирующие стыки;

- шум работы электродвигателя и другого оборудования поезда при отправлении со станции.

Установлено, что при прибытии на исследуемую станцию электродвигатель подвижного состава не задействован, либо имеет минимальную нагрузку. Исходя из этого факта, были произведены измерения отдельно для пребывающего на станцию поезда. Излучаемый при этом шум определен как шум взаимодействия «колесо-рельс» (при расчете суммарной звуковой нагрузки при въезде состава на станцию, в шуме от системы «колесо-рельс» был учтен вклад от подвижного состава в части тормозной системы, шум двигателей не учитывался).

Шум электродвигателя был интенсивным во время отправления поезда со станции. Для выделения вклада шума от электродвигателя была произведена серия измерений при отправлении поезда. Наблюдения за прибытием и отправлением поезда показывают, что шум от взаимодействия «колесо-рельс» наблюдается для прибытия и отправления подвижного состава, а шум электродвигателей только для отправления, что определило процентное время воздействия источников 100% – «колесо-рельс», 50% – электродвигатели.

Полученные характеристики источников шума в платформенном зале представлены в таблице 3. В расчетах также учтено время воздействия источника на пассажира. На основании принятого условия работы введена поправка на время воздействия источника.

Таблица 3

Характеристики источников шума в платформенном зале

Источник шума	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах геометрических частот, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Система «колесо-рельс»	78	75	74	83	83	79	73	67	60
<i>Поправка на время воздействия</i>	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Работа электродвигателя	76	69	74	81	86	82	76	67	62
<i>Поправка на время воздействия</i>	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
Стык 1	60	71	59	74	78	77	69	65	61
Стык 2	60	59	66	76	77	76	70	65	58
<i>Поправка на время воздействия</i>	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3

В расчете уровней шума в платформенном зале не была учтена работа вентиляции и эскалаторов, т.к. в рассматриваемой ситуации часа-пик данные источники не вносят ощутимого вклада в шумовую картину помещения.

Для пассажирских помещений были рассмотрены комплексы шумозащитных мероприятий, позволяющие снизить уровни звука, как в источнике образования, так и на пути распространения шума. При этом данные мероприятия не требуют кардинального технологического переоборудования станций (замены подвижных составов метрополитена) и позволяют добиться достижения допустимых уровней шума на рабочих местах.

3. Типовые мероприятия по снижению уровней шума в пассажирских помещениях и на рабочих местах СМ

3.1 Эскалаторный тоннель

Для эффективного снижения уровней шума рекомендуется введение дополнительной эквивалентной площади звукопоглощения на стены и потолок в виде звукопоглощающего материала. В качестве такого материала может служить звукопоглощающий материал, наносимый на поверхности в виде объемной штукатурки, и может быть использован в комплексе с другими звукопоглощающими конструкциями под ним.

Для расчета эффективности используем формулу (2), позволяющую оценить эффективность снижения шума в помещении при использовании средств звукопоглощения:

$$\Delta L_{зп} = 10 \lg \frac{A_2}{A_1}, \quad (2)$$

где A_1 и A_2 – эквивалентные площади звукопоглощения (m^2), в помещении до и после применения звукопоглощающего материала соответственно:

$$A_1 = \sum_{i=1}^n \alpha_{i_1} S_{i_1}, \quad (3)$$

$$A_2 = \sum_{i=1}^m \alpha_{i_2} S_{i_2}, \quad (4)$$

где α_{i_1} , α_{i_2} и S_{i_1} , S_{i_2} – соответственно коэффициент звукопоглощения и площадь i -й ограждающей поверхности (m^2) до (индекс «1») и после (индекс «2») акустической обработки [4].

Таблица 4

Эквивалентная площадь звукопоглощения эскалаторного тоннеля на текущее положение и рекомендуемая к введению

Пассажирское помещение	Октавные полосы среднегеометрических частот, Гц						Эффективность мероприятия, дБА
	125	250	500	1000	2000	4000	
Эквивалентная площадь звукопоглощения до применения шумозащитного мероприятия, m^2	134	146	171	161	156	192	-
Добавочная эквивалентная площадь звукопоглощения (площадь облицовки стен и свода $S=1000 m^2$), m^2	280	520	720	940	990	850	до 5 дБА

В качестве дополнительного шумозащитного мероприятия рекомендуется устранять щели и зазоры между внешней частью эскалаторов и внутренним оборудованием. Также, в качестве дополнительного мероприятия может рассматриваться уплотнение звукоизоляции балюстрады путем применения материалов, имеющих большую звукоизоляцию, с применением звукопоглощающего материала на внутреннюю поверхность ограждения.

3.2 Вестибюль СМ

Для снижения уровней шума в качестве основного шумозащитного мероприятия рекомендуется введение дополнительного звукопоглощения в виде звукопоглощающих материалов и конструкций (облицовки стен звукопоглощающими материалами и (или) использование подвесных звукопоглощающих конструкций.

Данное мероприятие направлено на уменьшение отраженного звука в помещениях с большими объемами и малыми эквивалентными площадями звукопоглощения. При этом следует учитывать, что шум в точках, находящихся в зоне прямого звука, не может быть достаточно снижен.

В связи с этим, рекомендуется применение шумозащитных мероприятий в комплексе с мероприятиями, направленными на снижение шума в эскалаторном тоннеле, т.к. эскалаторы являются основным источником шума в помещении вестибюля.

Таблица 5

Эквивалентная площадь звукопоглощения вестибюля СМ на текущее положение и рекомендуемая к введению

Пассажирское помещение	Октавные полосы среднегеометрических частот, Гц						Эффективность мероприятия, дБА
	125	250	500	1000	2000	4000	
Эквивалентная площадь звукопоглощения до применения шумозащитного мероприятия, м ²	327	330	319	301	301	371	-
Добавочная эквивалентная площадь звукопоглощения (суммарная площадь облицовки стен и подвесных звукопоглотителей $S_{сум}=2000 \text{ м}^2$), м ²	560	1040	1440	1880	1980	1700	до 7

По результатам расчетов эффективность данного комплекса шумозащитных мероприятий составляет **до 7 дБА**, что позволит снизить значения эквивалентного и максимального уровней звука во всей зоне преобладания отраженного звука пассажирского помещения вестибюля станции до нормативных значений в 60 и 75 дБА.

3.3 Платформенный зал СМ

Оборудование бесстыкового пути. В качестве шумозащитного мероприятия рекомендуется оборудование бесстыкового пути, как мероприятие, направленное на снижение шума в самом источнике образования (система «колесо-рельс»).

В платформенном зале рассматриваемой станции было выявлено наличие температурных и изолирующих стыков (рис. 1 а, б). Температурный стык состоит из двух двухголовых металлических накладок и комплекта болтов с гайками и гроверами. Изолирующий стык состоит из двух стеклопластиковых накладок, комплекта болтов с гайками, втулками, гроверами и планками, комплекта изолирующих прокладок.

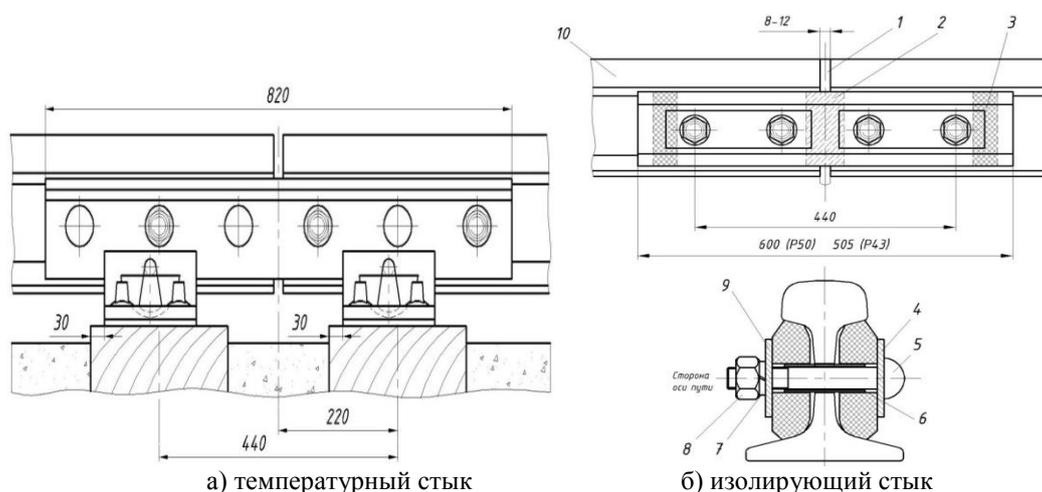


Рис. 1 – Стыки рельс

В ходе измерений уровней шума выявлено, что разница в излучении шума между температурным стыком и прямым участком пути отсутствует. Напротив изолирующих же стыков уровни шума составляют 87 дБА, что на 1-2 дБА выше, чем напротив ровного участка пути.

В качестве шумозащитного мероприятия для снижения уровней шума в помещении платформенного зала рекомендуется оборудование бесстыкового пути, как мероприятие, направленное на снижение шума в самом источнике образования (система «колесо-рельс»).

В табл. 6 представлены результаты измерений уровней шума непосредственно напротив изолирующих стыков на путях и напротив ровного бесстыкового участка пути на расстоянии 1,3 м от края платформы.

Таблица 6

Результаты измерений уровней шума напротив стыков и напротив бесстыкового участка пути

Измеряемый участок	Уровни звукового давления дБ в октавных полосах среднегеометрических частот, Гц									Экв. уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Напротив стыков	79	77	77	85	86	82	77	70	64	87
Напротив ровного участка	77	75	76	84	85	81	76	68	60	85
Разница	2	3	1	1	1	2	1	2	4	2

Как видно из результатов измерений, разница между уровнями шума на ровном участке и участке рельс со стыками составляет 1-4 дБ, что в сумме дает эффективность до 2 дБА по эквивалентному уровню звука.

Вибродемпфирование рельс. Уменьшение площади излучения от источника шума «колесо-рельс» позволяет снизить и излучаемый шум в целом. В связи с этим, рекомендуется применение такого шумозащитного мероприятия, как вибродемпфирование рельс. Оно представляет собой шумопоглощающие профили из высокотехнологической смеси резины, которые накладываются на шейку рельса и поглощают шум и вибрации на месте возникновения (рис. 2). Вибродемпфирование рельс рекомендуется проводить с обеих сторон рельса на открытом участке пути

платформенного зала станции с продлением в туннельной части на длину 150 м с каждой стороны (п. 5.7.1.1 [1]).



а) 1 – клемма из стекловолоконного композита; 2 – грунтровка; 3 – шумопоглощающий профиль из вулканизированной смеси резины; б) Пример использования вибродемпфирующих накладок на шейку рельса

Рис. 2– Вибродемпфирование рельс

Эффективность данного шумозащитного мероприятия на основании проведенных измерений (экспериментальный участок Октябрьской железной дороги) представлена в таблице 7.

Таблица 7

Эффективность шумозащитного мероприятия по вибродемпфированию рельс на основании измерений (1 м от рельса)

Измерения	УЗД, дБ со среднегеометрическими октавными полосами частот, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Без накладок	114	111	106	100	93	94	94	88	80
С накладками	112	105	102	96	91	90	91	86	75
<i>Эффективность</i>	2	6	4	4	2	4	3	2	5

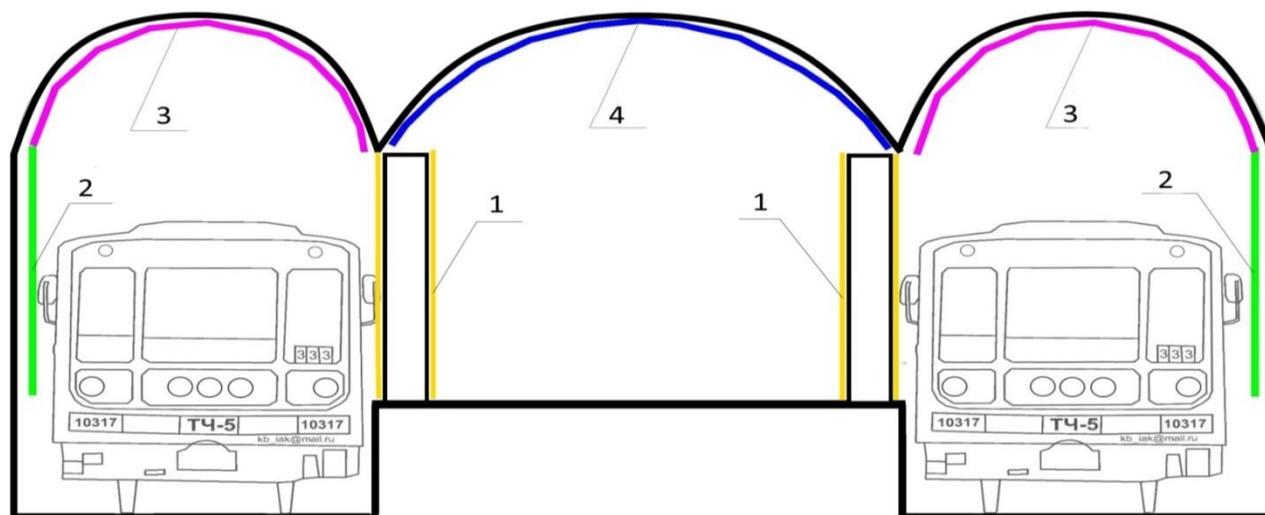
По результатам расчетов применения данного мероприятия на участке пути платформенного зала станции, снижение уровней шума в расчетных точках составит **1-2 дБА**.

Введение дополнительного звукопоглощения. Для снижения уровней шума в платформенном зале станции рекомендуется введение дополнительной эквивалентной площади звукопоглощения на стены и потолок в виде звукопоглощающего материала. На рис. 3 представлена схема возможной облицовки стен, сводов и потолка платформенного зала станции.

Таблица 8

Эквивалентная площадь звукопоглощения платформенного зала на текущее положение и рекомендуемая к введению

Пассажирское помещение	Октавные полосы среднегеометрических частот, Гц						Эффективность мероприятия, дБА
	125	250	500	1000	2000	4000	
Эквивалентная площадь звукопоглощения до применения шумозащитного мероприятия, м ²	416	394	389	421	452	659	-
Добавочная эквивалентная площадь звукопоглощения на поверхности колонн ($S_{\text{сум}}=620 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности колонн, размерами 0,7x0,8x2,65), м ²	174	322	446	583	614	527	2-3
Добавочная эквивалентная площадь звукопоглощения на стены у 1 и 2 пути ($S_{\text{сум}}=1200 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности), м ²	336	624	864	1128	1188	1020	3-4
Добавочная эквивалентная площадь звукопоглощения на стены и свод у 1 и 2 пути ($S_{\text{сум}}=2500 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности), м ²	700	1300	1800	2350	2475	2125	5-7
Добавочная эквивалентная площадь звукопоглощения на стены и свод у 1 и 2 пути, на потолок надплатформенной части зала ($S_{\text{сум}}=3660 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности), м ²	1025	1903	2635	3440	3623	3111	6-8



1 – стены колонн ($S_{\text{сум}}=620 \text{ м}^2$); 2 – стены у 1 и 2 путей, ($S_{\text{сум}}=1200 \text{ м}^2$); 3 – свод потолка у путей ($S_{\text{сум}}=2500 \text{ м}^2$ – площадь облицовки стен и свода); 4 – свод потолка надплатформенной части зала ($S_{\text{сум}}=3660 \text{ м}^2$ – площадь облицовки стен и свода у путей, потолка надплатформенной части зала)

Рис. 3 – Облицовка звукопоглощающим материалом ограждающих поверхностей платформенного зала

По результатам расчетов, эффективность данного шумозащитного мероприятия составляет **2-8 дБА** в зоне отраженного шума.

Поскольку данное шумозащитное мероприятие направлено на снижение шума на пути его распространения, его эффективность зависит от расположения расчетных точек. При нахождении расчетной точки в зоне прямого шума от источника, эффективность данного мероприятия будет значительно ниже [4]. В связи с этим, его необходимо проводить в комплексе с мероприятиями по снижению шума в источнике.

Установка звукоизолирующих барьеров между путями и платформой. Шумозащитным мероприятием, направленным на снижение шума на пути его распространения является установка сплошного барьера (звукоизолирующей перегородки, стенки), отделяющего источник шума от пассажиров. Предлагается установка барьера по длине всей платформы, до свода потолка, без щелей и зазоров, с оборудованными автоматическими дверьми.

Для оценки эффективности шумозащитного мероприятия были исследованы существующие барьеры на станциях Петербургского метрополитена закрытого типа. Для этого на путях устанавливался всенаправленный источник шума и на одинаковом расстоянии от источника были измерены значения уровней шума на станции колонного и на станции закрытого типа (с закрытыми дверьми).

Согласно результатам проведенных сравнительных измерений на станциях, минимальная эффективность снижения шума барьером достигает до **11 дБА** (табл. 9).

Таблица 9

Результаты измерений уровней шума на станциях открытого и закрытого типов

Тип станции	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами Гц							УЗ, дБА
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Открытый	103	98	99	100	94	86	78	103
Закрытый	94	92	91	87	81	72	59	92
Средняя расчетная эффективность	9	6	8	13	13	14	19	11

Эффективность различных комплексов рассмотренных шумозащитных мероприятий в платформенном СМ. Была рассмотрена также эффективность шумозащитных мероприятий, при условии их применения в различных комплексах. Их расчетная эффективность представлена в таблице 10.

Таблица 10

Эффективность комплексов шумозащитных мероприятий

Комплекс шумозащитных мероприятий	Эффективность комплекса мероприятий, дБА
1. Оборудование бесстыкового пути 2. Вибродемпфирование рельс	до 3
1. Оборудование бесстыкового пути 2. Вибродемпфирование рельс 3. Введение дополнительного звукопоглощения ($S_{\text{сум}}=2500 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности)	8-10
1. Установка звукоизолирующих барьеров (стенок)	до 27

Комплекс шумозащитных мероприятий	Эффективность комплекса мероприятий, дБА
2. Оборудование бесстыкового пути 3. Вибродемпфирование рельс 4. Введение звукопоглощения в изолированный путевой тоннель и платформенный зал ($S_{\text{сум}}=2500 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности)	

Заключение

В соответствие с результатами измерений уровней шума в пассажирских помещениях станции метрополитена выявлены превышения уровней шума над нормативными значениями.

Источниками шума, вносящими основной вклад в шумовую характеристику вестибюля станции являются:

- работа 3 эскалаторов;
- сигналы оповещения входных турникетов;
- аппараты по приему платежей и выдаче жетонов в вестибюле станции.

Источниками шума, вносящими основной вклад в шумовую характеристику эскалаторного тоннеля является работа самих эскалаторов во время движения.

Источниками шума, вносящими основной вклад в шумовую характеристику платформенного зала являются:

- электродвигатели в момент отправления поезда от станции по обоим путям;
- шум от системы «колесо-рельс»;
- излучение шума на изолирующих стыках путей.

Для рассматриваемых помещений разработаны комплексы типовых шумозащитных мероприятий, позволяющие снизить уровни шума за счет уменьшения излучения звука от самих источников и уменьшения энергии отраженного звука.

Эффективность типовых мероприятий и расчетные уровни шума представлены в таблице 11.

Таблица 11

Эффективность типовых шумозащитных мероприятий для пассажирских помещений станции метрополитена открытого типа с колоннами

Шумозащитные мероприятия	Экв. УЗ до применения ШМ	Эффективность ШМ, дБА
<i>Эскалаторный тоннель</i>		
Введение дополнительного звукопоглощения на стены и свод ($S_{\text{сум}}=1000 \text{ м}^2$ – суммарная площадь облицовки поверхности)	74	до 5
<i>Вестибюль станции</i>		
Введение дополнительного звукопоглощения на стены и потолок ($S_{\text{сум}}=2000 \text{ м}^2$ - суммарная площадь облицовки сводов) в комплексе с мероприятием для эскалаторного тоннеля	67	до 7
<i>Платформенный зал</i>		
Оборудование бесстыкового пути	87	до 2

Шумозащитные мероприятия	Экв. УЗ до применения ШМ	Эффективность ШМ, дБА
Вибродемпфирование рельс	87	до 2
Введение дополнительного звукопоглощения ($S_{\text{сум}}=620 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности колонны, размерами 0,7x0,8x2,65)	87	2-3
Введение дополнительного звукопоглощения ($S_{\text{сум}}=1200 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности)	87	3-4
Введение дополнительного звукопоглощения ($S_{\text{сум}}=2500 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности)	87	5-7
Введение дополнительного звукопоглощения ($S_{\text{сум}}=3660 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности)	87	6-8
Установка звукоизолирующих барьеров (стенок) между путями и платформой (без зазоров и щелей, вплотную соединенных со сводами станции)	87	14-15
<i>Комплексы мероприятий</i>		
1. Оборудование бесстыкового пути 2. Вибродемпфирование рельс	87	до 3
1. Оборудование бесстыкового пути 2. Вибродемпфирование рельс 3. Введение дополнительного звукопоглощения ($S_{\text{сум}}=2500 \text{ м}^2$ – площадь облицовки поверхности)	87	8-10
Комплекс шумозащитных мероприятий по установке звукоизолирующих барьеров (стенок), организации бесстыкового пути и вибродемпфирования рельс, введение звукопоглощения в изолированный путевой тоннель и платформенный зал	87	до 27

Все рассмотренные шумозащитные мероприятия при внедрении в пассажирских станциях метрополитена не требуют радикальных мер по замене подвижного состава поездов или их частей и могут быть реализованы в пределах одной станции. Применение данных мероприятий в различном их сочетании позволит достичь допустимые уровни шума.

По итогам проведенных работ по измерениям уровней шума были разработаны две методики измерений уровней шума:

- Методика измерений шума в пассажирских помещениях метрополитена. МИ ИАК-16-044;
- Методика измерений внешнего шума от подвижного состава метрополитена. МИ ИАК-16-043.

Список литературы

1. СП 2.5.1337-03 «Санитарные правила эксплуатации метрополитенов»
2. СП 120.13330.2012 «Свод правил. Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003».
3. ГОСТ Р 3382-2-2013 «Акустика. Измерение акустических параметров помещений. Часть 2. Время реверберации обычных помещений»
4. *Иванов Н.И.* – Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник, 4-е изд. перераб. и доп. – М.: ЛОГОС, 2015. – 432 с.
5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».