

ПРОГНОЗ УРОВНЕЙ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И СТРУКТУРНОГО ШУМА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАНЦИИ ЛОБНЯ МЦД-1

При проведении реконструкции железнодорожных станций с увеличением полезной длины главных и приемоотправочных станционных путей необходимо проводить оценку вибрационного воздействия от подвижного состава на всем участке производства работ. Целью данной работы является выявление превышений уровней вибрационного и шумового воздействия относительно норм СанПиН 1.2.3685-21 [1] на проектируемом объекте.



Д.А. Райлян



В.И. Апатцев

Ключевые слова: вибрация, шум, гигиенические нормы

EDN: QTEUAR

Прогноз уровней вибрации и структурного шума в зданиях и сооружениях от воздействия подвижных составов разработан для проекта «Организация пригородно-городского пассажирского железнодорожного движения на участке Одинцово-Лобня (МЦД-1 «Одинцово-Лобня») Этап 13 «Реконструкция станции Лобня. II этап организации движения». Железнодорожная станция Лобня по характеру работы является грузовой и отнесена к I классу. Проектом предусматривается удлинение приемоотправочных путей № 9, 11 и 13 и реконструкция обеих горловин станции Лобня. В ходе реконструкции железнодорожные пути приблизятся на расстояние от 25 до 59 м к 41 жилой постройке.

В результате обработки топографических карт плана местности совместно с планом путевого раз-

вития в соответствии с п. 5.1.4 СП 441.1325800.2019 [3] была выявлена группа зданий, попадающих в зону влияния. Данные по зданиям сведены в табл. 1.

В качестве исходных данных для расчета приняты результаты натурных измерений вибрации на поверхности грунта от движения поездов Савеловского направления Московской железной дороги (совмещено с линией МЦД-1), прилегающего к жилому дому по адресу: Московская область, г. Лобня, ул. Кольцевая, д.15.

Измерения выполнены в двух точках на различном расстоянии от действующих железнодорожных путей. Схема расположения точек измерения представлена на рис. 1. Результаты измерений максимальных уровней виброускорения (СКЗ 1 макс) в точках для каждого сечения приведены в табл. 2.

Райлян Дмитрий Анатольевич, аспирант кафедры «Техносферная безопасность» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: вибрация, вторичный шум, охрана труда.

Апатцев Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, советник при ректорате Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: организация и управление транспортными процессами. Автор около 200 научных и учебно-методических трудов.

Климова Диана Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: безопасность транспортных систем городских агломераций, системный анализ безопасности, охрана труда. Автор более 110 научных работ, в том числе 10 учебных пособий.

Таблица 1

Список и основные характеристики рассматриваемых зданий

Адрес здания	Тип здания	Количество этажей	Год постройки	Количество жилых помещений	Расстояние до ближайшего пути: 13-й (5А), м	Расстояние до 11-го пути, м	Расстояние до 9-го пути, м
улица Вокзальная, 42	Жилой многоквартирный дом	2	—	—	(33)	—	—
улица Кольцевая, 15	Жилой многоквартирный дом	14	1976	96	(46)	—	—
улица Кольцевая, 13	Жилой многоквартирный дом	14	1976	98	(69)	—	—
Первая улица, 7	Жилой многоквартирный дом	5	1970	66	(83)	—	—
улица 40 лет Октября, 16	Жилой многоквартирный дом	5	1967	78	(96)	—	—
Первая улица, 8	Жилой многоквартирный дом	2	1959	8	(112)	—	—
улица Ленина, 1	Жилой многоквартирный дом	5	1967	120	58	62,8	67,6
ул. Маяковского, 4	Жилой многоквартирный дом	5	1967	72	62	66,8	71,6
улица Ленина, 2/2	Жилой многоквартирный дом	5	1964	63	62	66,8	71,6
улица Ленина, 5	Жилой многоквартирный дом	5	1965	111	61	65,8	70,6
улица Ленина, 4	Жилой многоквартирный дом	5	1967	85	85	89,8	94,6
улица Ленина, 3	Жилой многоквартирный дом	5	1965	60	98	102,8	107,6

Примечание. В скобках указаны расстояния от рассматриваемого здания до пути 5А, который расположен в горловине станции Лобня.

Расширенная неопределенность измерений уровня виброускорения и скорректированного уровня ускорения вибрации при двустороннем коэффициенте охвата и уровне доверия 95% оценена согласно ГОСТ Р 53964-2010 [2] и не превышает 1,6 дБ (20%) для всех результатов измерений.

Рассмотрим модель прогноза вибрационного воздействия. В соответствии с п. 5.2.3.1 СП 441.1325800.2019 [3] допускается определять виброскорость колебаний грунта v , м/с, в точке на расстоянии r , м, от источника колебаний по известной виброскорости v_0 , м/с, колебаний грунта на расстоянии r_0 , м, от оси ближнего железнодорожного пути произведением ее на коэффициент геометрического ослабления C и коэффициент демпфирования материала D по формуле

$$v(r) = v(r_0)CD. \quad (1)$$

Параметры C и D , входящие в формулу (1), оценивают по следующим зависимостям по ГОСТ Р ИСО 10137-2016

$$C = \left(\frac{r_0}{r}\right)^n, \quad (2)$$

$$D = e^{-\rho f_{cr}(r-r_0)}, \quad (3)$$

где n – показатель степени, выбираемый в зависимости от типа механизма распространения волн по таблице 5.3 СП 441.1325800.2019 [3]. При положении источника и точки наблюдения на поверхности $n=0,25$;

f_{cr} – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц;

$\rho = \frac{\eta}{c}$ – параметр, определяемый по таблице 5.4

СП 441.1325800.2019 [3]. Для дисперсных связных и несвязных грунтов, в том числе песков, супесей, суглинков, щебня, гравия:

$$\rho = 6 \cdot 10^{-5} \div 2 \cdot 10^{-4} \text{ с/м.}$$

Для расчета принимается среднее значение:

$$\rho = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ с/м.}$$

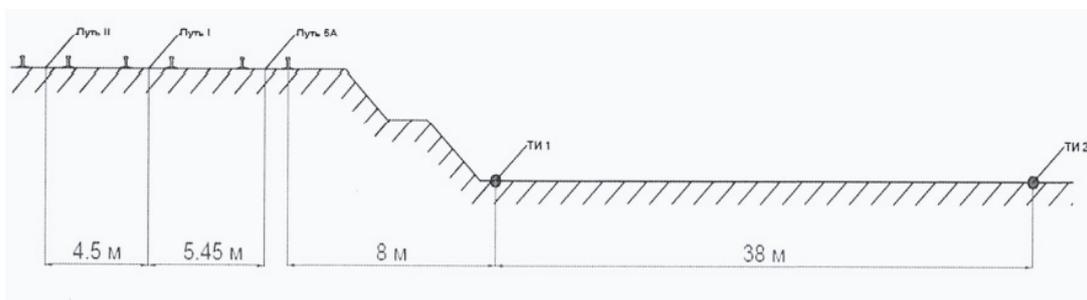


Рис. 1. Схема расположения контрольных точек измерения вблизи здания по адресу: Московская область, г. Лобня, ул. Кольцевая, д. 15

Таблица 2

**Результаты измерений максимальных уровней виброускорения (СКЗ 1 макс)
 в точках ТИ1, ТИ2 (г. Лобня, ул. Кольцевая, д. 15)**

Описание	Расстояние до ближнего рельса, м	Направление измерительной оси	Уровень виброускорения, дБ в октавных полосах частот со среднегеометрической частотой, Гц					
			2	4	8	16	31,5	63
ТИ1, Проезд ЭП2Д, на Москву, одновременно с проездом грузового состава (8 вагонов) от Москвы 13:14	8	X	63,4	69,2	79,6	87,6	113,1	123,8
		Y	64,2	62,1	75,9	90,2	112,9	119,8
		Z	70,5	70,9	79,1	90,5	112,6	114,2
ТИ2, Проезд ЭП2Д, на Москву, одновременно с проездом грузового состава (8 вагонов) от Москвы 13:14	46	X	59,5	61,5	69,7	70,1	76,8	82,8
		Y	58,4	60,0	65,7	69,5	76,5	81,9
		Z	54,0	59,1	63,6	67,0	74,0	78,0

При относительной оценке изменения уровней вибраций в расчетной точке относительно исходной точки формула (1) приобретает вид:

$$\frac{v(r)}{v(r_0)} = CD, \quad (4)$$

где r_0 и r соответственно расстояния от оси пути до исходной и расчетной точек.

На основании протоколов измерений вибрационного воздействия выполняется расчет изменения уровней вибраций для прогнозных точек на грунте, расположенных в зоне фундаментов существующих зданий. Расчет производится для всех исходных точек измерения с выбором худшего варианта в запас. В каждой точке измерения выбирается наибольшее значение уровней вибраций по трем направлениям. В качестве расстояний до исходной точки r_0 примем расстояния до существующих путей. В качестве расстояний до расчетной точки r примем минимальные расстояния от существующих путей до зданий. Для перевода формулы (4) в логарифмическую шкалу

пользуемся соотношением $20 \cdot \lg \left(\frac{v(r)}{v(r_0)} \right)$.

Проведены расчеты для 13-го пути. Наибольшие расчетные максимальные уровни вибраций на грунте в зоне фундаментов зданий по всем точкам с учетом

постановки существующего пути на новую ось представлены в табл. 3 (худший случай).

Проведен анализ максимальных уровней виброускорений для 11-го пути. Наибольшие расчетные максимальные уровни вибраций на грунте в зоне фундаментов зданий по всем точкам с учетом постановки существующего пути на новую ось представлены в табл. 4 (худший случай).

Выполнен расчет для 9-го пути. Наибольшие расчетные максимальные уровни вибраций на грунте в зоне фундаментов зданий по всем точкам с учетом постановки существующего пути на новую ось представлены в табл. 5 (худший случай).

В целях анализа превышения норм вибрационных воздействий от движения поездов на станции Лобня проведен прогноз структурного шума в помещениях зданий.

Плоскости ограждающих конструкций (стен, перегородок, перекрытий), совершая колебательные движения, излучают часть механической энергии в воздушную среду, тем самым создавая в помещении дополнительный фон.

Колебания полов и стен могут вызвать ощутимую вибрацию, дребезжание окон или посуды, а также гул (шум, излучаемый от движения поверхностей помещения). В сущности, поверхности помещения начинают действовать как гигантский громкоговоритель.

Таблица 3

Наибольшие расчетные уровни вибраций на грунте для зданий с учетом постановки существующего пути на новую ось (худший случай) для 13-го пути

Адрес здания	Минимальное расстояние до новых путей r , м	Наибольшие максимальные уровни виброускорений по трем точкам пересчета, дБ			
		8 Гц	16 Гц	31,5 Гц	63 Гц
ул. Ленина, д. 1	58	68,9	68,9	75,0	79,6
ул. Вокзальная, д. 42	33	70,8	71,6	79,0	86,4
ул. Кольцевая, д. 15	46	69,7	70,1	76,8	82,8
ул. Маяковского, д. 4	62	68,6	68,5	74,4	78,6
ул. Ленина, д. 2/2	62	68,6	68,5	74,4	78,6
ул. Ленина, д. 5	61	68,7	68,6	74,5	78,8
ул. Кольцевая, д. 13	69	68,2	67,9	73,3	76,8
ул. Первая, д.7	83	67,4	66,7	71,4	73,2
ул. 40 лет Октября, д.16	96	66,7	65,7	69,6	70,0
ул. Ленина, д. 3	98	66,6	65,5	69,3	69,5
ул. Ленина, д. 4	85	67,3	66,6	71,1	72,8
ул. Первая, д.8	112	65,9	64,4	67,5	66,1

Таблица 4

**Наибольшие расчетные уровни вибраций на грунте для зданий
с учетом постановки существующего пути на новую ось (худший случай) для 11-го пути**

Адрес здания	Минимальное расстояние до новых путей r , м	Наибольшие максимальные уровни виброускорений по трем точкам пересчета, дБ			
		8 Гц	16 Гц	31,5 Гц	63 Гц
ул. Ленина, д. 1	62,8	68,5	68,5	74,2	78,4
ул. Маяковского, д. 4	66,8	68,3	68,1	73,7	77,3
ул. Ленина, д. 2/2	66,8	68,3	68,1	73,7	77,3
ул. Ленина, д. 5	65,8	68,4	68,2	73,8	77,6
ул. Ленина, д. 4	89,8	67,0	66,2	70,5	71,6
ул. Ленина, д. 3	102,8	66,3	65,1	68,7	68,4

Таблица 5

**Наибольшие расчетные уровни вибраций на грунте для зданий
с учетом постановки существующего пути на новую ось (худший случай) для 9-го пути**

Адрес здания	Минимальное расстояние до новых путей r , м	Наибольшие максимальные уровни виброускорений по трем точкам пересчета, дБ			
		8 Гц	16 Гц	31,5 Гц	63 Гц
ул. Ленина, д. 1	67,6	68,3	68,0	73,6	77,1
ул. Маяковского, д. 4	71,6	68,0	67,7	73,0	76,1
ул. Ленина, д. 2/2	71,6	68,0	67,7	73,0	76,1
ул. Ленина, д. 5	70,6	68,1	67,8	73,1	76,4
ул. Ленина, д. 4	94,6	66,8	65,8	69,8	70,4
ул. Ленина, д. 3	107,6	66,1	64,8	68,1	67,2

Данное явление называется вторичным, или структурным шумом, создаваемым вибрациями.

Для оценки уровней структурного шума в конкретном помещении жилого или общественного здания, необходимо определить параметры непостоянного шума, которыми являются эквивалентные по энергии уровни $L_{A_{\text{экв}}}$ (дБА) и максимальные уровни звука $L_{A_{\text{макс}}}$ (дБА).

Для оценки уровней структурного шума рабочего места в конкретном помещении здания, необходимо определить параметры шума, которыми являются эквивалентные уровни звука ($L_{p_{\text{LeqT}}}$, дБА) и максимальные уровни звука, измеренные с временными коррекциями S и I ($L_{pA_{\text{max}}}$, дБА). Параметры пикового уровня звука не рассматриваются ввиду отсутствия такого типа воздействия от железнодорожных поездов.

Поскольку уровень структурного шума в помещении зависит от площади окон, дверных проемов, вида внутренней чистовой отделки, наличия мебели и различных предметов, расчет шума в зданиях целесообразно производить не для конкретных оформленных помещений, а для некоторых характерных условий.

Для оценки уровня шума в зданиях различной конфигурации воспользуемся общепринятой практикой пересчета ожидаемых уровней вибраций в уровни звукового давления.

Эмпирическая формула, основанная на фактических измерениях, выглядит следующим образом:

$$L_p = L_a - 20 \log_{10} f + 37, \quad (5)$$

где L_p – уровень звукового давления типового помещения в октавной полосе частот, дБ;

L_a – уровень виброускорения по полу типового помещения в октавной полосе частот с опорным значением $1 \cdot 10^{-6} g$, дБ;

f – среднегеометрическая частота октавной полосы частот.

Эта формула рекомендована к применению в соответствии с [8].

Впоследствии, эта зависимость была подтверждена Лабораторией исследования транспорта [9] для зданий, расположенных над тоннелями метрополитена Лондона и была рекомендована к использованию Министерством транспорта США и Федеральным транспортным управлением США [10].

В 2012 г. предложенная зависимость была скорректирована в менее консервативную сторону путем добавления «–5 дБ» к полученным уровням звукового давления [11]. Однако в данной работе добавка учитываться не будет, что даст запас на большую вариативность габаритов и отделки помещений.

Уровни звукового давления с коррекцией A вычисляются с применением корректирующих коэффициентов, которые убывают при низких частотах, что отражает относительную нечувствительность человеческого слуха к низким частотам. В октавных полосах

частот 8 Гц и ниже шум переходит в вибрацию и далее рассматриваться не будет.

В качестве исходных уровней вибраций примем максимальные и эквивалентные прогнозируемые уровни виброускорений в помещениях зданий, расположенных вблизи 13, 11 и 9-го путей. В табл. 6 приведены результаты превышений для 13-го пути.

В табл. 7 приведены результаты превышений для 11-го пути.

В табл. 8 приведены результаты превышений для 9-го пути.

По результатам произведенных расчетов, были выявлены превышения норм вибрационных воздействий от движения поездов на станции Лобня.

При движении подвижных составов с установленной скоростью по 13-му пути, будут наблюдаться превышения норм эквивалентных скорректированных уровней вибраций в жилом доме по адресу ул. Вокзальная, 42, а также в многоквартирных жилых домах по адресам: ул. Кольцевая, д.15; ул. Кольцевая, д.13; ул. Первая, д.7; ул. Ленина, д.1; ул. Маяковского, д.4; ул. Ленина, д.2/2; ул. Ленина, д.5; ул. Ленина, д.4.

При движении подвижных составов с установленной скоростью по 11-му пути, будут наблюдаться

Таблица 6

Сводные результаты расчета превышения вибраций и структурного шума в помещениях зданий с учетом постановки существующего пути на новую ось для 13-го пути

Адрес здания	Макс. уровней вибраций, дБ, на октавных частотах, Гц				Экв. корр. уровней вибраций, дБ		Макс. уровней звука, дБА	Экв. уровней звука, дБА	
	16	31,5	63	Корр.	День	Ночь		День	Ночь
ул. Ленина, д. 1	77,1	79,7	83,9	75,1	68,2	65,3	39,1	32,2	29,3
ул. Вокзальная, д. 42	79,8	83,7	90,7	78,1	71,2	68,3	45,7	38,8	35,9
ул. Кольцевая, д. 15	78,3	81,5	87,1	76,4	69,5	66,6	42,2	35,3	32,4
ул. Маяковского, д. 4	76,7	79,1	82,9	74,7	67,8	64,9	38,1	31,2	28,3
ул. Ленина, д. 2/2	76,7	79,1	82,9	74,7	67,8	64,9	38,1	31,2	28,3
ул. Ленина, д. 5	76,8	79,2	83,1	74,8	67,9	65,0	38,3	31,4	28,5
ул. Кольцевая, д. 13	76,1	78,0	81,1	74,0	67,1	64,2	36,3	29,4	26,5
ул. Первая, д.7	74,9	76,1	77,5	72,8	65,9	63,0	33,0	26,1	23,2
ул. 40 лет Октября, д.16	73,9	74,3	74,3	71,8	64,9	62,0	30,1	23,2	20,3
ул. Ленина, д. 3	73,7	74,0	73,8	71,6	64,7	61,8	29,6	22,7	19,8
ул. Ленина, д. 4	74,8	75,8	77,1	73,2	66,3	63,4	32,5	25,6	22,7
ул. Первая, д.8	72,6	72,2	70,4	71,0	64,1	61,2	26,6	19,7	16,8

Таблица 7

**Сводные результаты расчета превышения вибраций и структурного шума
в помещениях зданий с учетом постановки существующего пути
на новую ось для 11-го пути**

Адрес здания	Макс. уровней вибраций, дБ, на октавных частотах, Гц				Экв. корр. уровней вибраций, дБ		Макс. уровней звука, дБА	Экв. уровней звука, дБА	
	16	31,5	63	Корр.	День	Ночь		День	Ночь
ул. Ленина, д. 1	79,8	78,9	82,7	75,3	68,4	65,5	37,9	31,0	28,1
ул. Маяковского, д. 4	79,4	78,4	81,6	74,9	68,0	65,1	36,9	30,0	27,1
ул. Ленина, д. 2/2	79,4	78,4	81,6	74,9	68,0	65,1	36,9	30,0	27,1
ул. Ленина, д. 5	79,5	78,5	81,9	75,0	68,1	65,2	37,1	30,2	27,3
ул. Ленина, д. 4	77,5	75,2	75,9	73,0	66,1	63,2	31,5	24,5	21,6
ул. Ленина, д. 3	76,4	73,4	72,7	72,0	65,1	62,2	28,6	21,7	18,8

Таблица 8

**Сводные результаты расчета превышения вибраций и структурного шума
в помещениях зданий с учетом постановки существующего пути
на новую ось для 9-го пути**

Адрес здания	Макс. уровней вибраций, дБ, на октавных частотах, Гц				Экв. корр. уровней вибраций, дБ		Макс. уровней звука, дБА	Экв. уровней звука, дБА	
	16	31,5	63	Корр.	День	Ночь		День	Ночь
ул. Ленина, д. 1	79,7	78,3	81,4	74,6	67,7	64,8	36,68	29,78	26,88
ул. Маяковского, д. 4	79,4	77,7	80,4	74,3	67,4	64,5	35,71	28,81	25,91
ул. Ленина, д. 2/2	79,4	77,7	80,4	74,3	67,4	64,5	35,71	28,81	25,91
ул. Ленина, д. 5	79,5	77,8	80,7	74,3	67,4	64,5	35,95	29,05	26,15
ул. Ленина, д. 4	77,5	74,5	74,7	72,4	65,5	62,6	30,36	23,46	20,56
ул. Ленина, д. 3	76,5	72,8	71,5	71,5	64,6	61,7	27,52	20,62	17,72

превышения норм эквивалентных скорректированных уровней вибраций в жилых домах по адресам: ул. Ленина, д.1; ул. Маяковского, д.4; ул. Ленина, д.2/2; ул. Ленина, д.5; ул. Ленина, д.4.

При движении подвижных составов с установленной скоростью по 9-му пути, будут наблюдаться превышения норм эквивалентных скорректированных уровней вибраций в жилых домах по адресам: ул. Ленина, д.1; ул. Маяковского, д.4; ул. Ленина, д.2/2; ул. Ленина, д.5; ул. Ленина, д.4.

В результате проведенного анализа выявлены превышения норм вибрационных воздействий в 9 жилых домах по адресам: ул. Вокзальная, д.42, ул. Кольцевая, д.15, ул. Кольцевая, д.13, ул. Первая, д.7, ул. Ленина, д.1, ул. Маяковского, д.4, ул. Ленина, д.2/2, ул. Ленина, д.5, ул. Ленина, д.4.

Исходя из условия обеспечения заданных требований по уровню вибрации в защищаемом здании, определены длины участков вибрационного воздействия.

Достаточным расстоянием принято считать до 200 м до пути при обращении грузовых поездов по аналогии с требованием п. 5.1.4 СП 441.1325800.2019 [3], но ввиду установленных скоростей движения на приемо-отправочных путях не более 40 км/ч достаточным расстоянием принято считать 100 м. Тогда от проекции углов ближайшего к пути фасада здания откладываются расстояния, равные 200 м и получают зону укладки упругих матов. В случае, если расстояние между соседними участками менее 200 м или менее длины подвижного состава, такие участки объединяют в один.

На основании протокола испытаний ООО «ИВАС» № 21241 проведены прогнозные расчеты в соответ-

ствии с СП 441.1325800.2019 [3] уровней вибрационного воздействия и структурного шума в рассматриваемых зданиях и определены участки железнодорожного пути с превышением вибрационного воздействия на людей в окружающей застройке:

- 9 путь от ПК253 до ПК263+47,42 (1047 м);
- 11 путь от ПК253 до ПК262+72 (972 м);
- 13 путь от ПК253 до ПК262+72 (972 м);
- стрелочный перевод №66 марки 1/11;
- стрелочный перевод №68 марки 1/11;
- стрелочный перевод №70 марки 1/11;
- стрелочный перевод №74 марки 1/9.

В результате проведенного исследования определены участки с превышением вибрационного воздействия на людей, проживающих в окружающей застройке. Общая длина защищаемых путей составляет 2991 м и четыре стрелочных перевода. 

Литература

1. СанПиН 1.2.3685 – 21. Санитарные правила и нормы. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: издание официальное: утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации: введен 01.03.2021. –Текст: непосредственный.
2. ГОСТ Р 53964-2010. Вибрация. Измерения вибрации сооружений. Руководство по проведению измерений = Vibration. Measurement of vibration in buildings. Guidance on measurement methods: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2010 г. №531-ст: введен впервые: дата введения 2011-12-01 / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем». –Москва: Стандартинформ, 2019. –13 с. –Текст: непосредственный.
3. СП 441.1325800.2019. Свод правил. Защита зданий от вибрации, создаваемой железнодорожным транспортом. Правила проектирования = Building protection against vibration caused by rail transport. Design rules :утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 22 января 2019 г. №23/пр. и введен в действие с 23 июля 2019 г: введен впервые. –Москва, 2019.
4. ГОСТ Р ИСО 2017-1-2011. Вибрация и удар. Упругие системы крепления. Часть 1. Технические данные для применения систем виброизоляции = Vibration and shock. Resilient mounting systems. Part 1. Technical information for the application of isolation systems: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 ноября 2011 г. №549-ст: введен впервые: дата введения 2012-12-01 / подготовлен Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного стандарта ИСО 2017-1:2005* «Вибрация и удар механические. Упругие системы крепления. Часть 1. Технические данные, предоставляемые для применения систем виброизоляции» (ISO 2017-1:2005 «Mechanical vibration and shock — Resilient mounting systems — Part 1 Technical information to be exchanged for the application of isolation systems», IDT). –Москва: Стандартинформ, 2019. –16с. –Текст: непосредственный.
5. ГОСТ Р ИСО 2017-2-2011 Вибрация и удар. Упругие системы крепления. Часть 2. Технические данные для применения систем виброизоляции для железнодорожного транспорта = Vibration and shock. Resilient mounting systems. Part 2. Technical information for the application of vibration isolation associated with railway systems: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 ноября 2011 г. №549-ст: введен впервые: дата введения 2012-12-01 / подготовлен Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на

основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта международного стандарта ИСО 2017-2:2007* «Механическая вибрация и удар. Упругие системы крепления. Часть 2. Технические данные, предоставляемые для применения систем виброизоляции от железнодорожного транспорта» (ISO 2017-2:2007 «Mechanical vibration and shock – Resilient mounting systems – Part 2: Technical information to be exchanged for the application of vibration isolation associated with railway systems», IDT). – Москва: Стандартинформ, 2012. – 12 с. – Текст: непосредственный.

6. ГОСТ Р 53188.1-2019. Государственная система обеспечения единства измерений. Шумомеры. Часть 1. Технические требования = State system for ensuring the uniformity of measurements. Sound level meters. Part 1. Specifications: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 апреля 2019 г. № 162-ст: введен впервые: дата введения 2019-12-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Производственно-коммерческая фирма Цифровые приборы» (ООО «ПКФ Цифровые приборы»). – Москва: Стандартинформ, 2019. – 41 с. – Текст: непосредственный.

7. ГОСТ Р 53188.2-2019. Государственная система обеспечения единства измерений. Шумомеры. Часть 2. Методы испытаний = State system for ensuring the uniformity of measurements. Sound level meters. Part 2. Test methods: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 апреля 2019 г. № 163-ст: взамен ГОСТ Р 53188.2-2010 (МЭК 61672-2:2003): дата введения 2019-12-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Производственно-коммерческая фирма Цифровые приборы» (ООО «ПКФ Цифровые приборы»). – Москва: Стандартинформ, 2019. – 30 с. – Текст: непосредственный.

8. Иванов, Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Безопасность жизнедеятельности», специальности «Безопасность технологических процессов и производств» / Н.И. Иванов. – Москва: Логос, 2008. – 422 с. – Текст: непосредственный.

9. Transport Research Laboratory, TRL/ Greer, 1993.

10. High-Speed Ground Transportation. Noise and Vibration Impact Assessment, 2012.

11. Robert D. Blevins PhD. Formulas For Natural Frequency And Mode Shape. – New York: Von Nostrand Reinhold Company – 1979, 492 с.