

## ИЗМЕНЕНИЕ N 1

### к СП 465.1325800.2019 "Здания и сооружения. Защита от вибрации метрополитена. Правила проектирования"

ОКС 91.120.25

Дата введения 2023-01-28

УТВЕРЖДЕНО И ВВЕДЕНО В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 27 декабря 2022 г. N 1136/пр

Введение

Третий абзац. Изложить в новой редакции:

"Свод правил разработан в развитие СП 120.13330.2012 "СНиП 32-02-2003 Метрополитены" и содержит требования к расчету и проектированию защиты от вибрации и структурного шума, создаваемых подвижным составом метрополитена в помещениях жилых и общественных зданий, расположенных в зоне влияния линий метрополитена."

Дополнить пятым абзацем в следующей редакции:

"Изменение N 1 к настоящему своду правил разработано авторским коллективом НИИСФ РААСН (руководители разработки - д-р техн. наук *И.Л.Шубин*, канд. техн. наук *В.А.Смирнов*; исполнители - *М.Ю.Смоляков*, *Д.Д.Малов*, *Е.С.Улесикова*) при участии АО "Моспромпроект" (*Д.А.Цюпа*, *Л.В.Грошев*), ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии по г.Москве" (*Е.А.Руднева*)."

#### 1 Область применения

Изложить в новой редакции:

##### "1 Область применения

Настоящий свод правил распространяется на защиту от вибрации и структурного шума, создаваемых подвижным составом линий метрополитена в помещениях жилых, общественных и производственных зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния перегонных тоннелей, тупиков, камер съезда и станций метрополитена."

#### 2 Нормативные ссылки

Изложить в новой редакции:

##### "2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 12248.3-2020 Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости методом трехосного сжатия

ГОСТ 12248.9-2020 Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости мерзлых грунтов методом одноосного сжатия

ГОСТ 12248.10-2020 Грунты. Определение характеристик деформируемости мерзлых грунтов методом компрессионного сжатия

ГОСТ 23961-80 Метрополитены. Габариты приближения строений, оборудования и подвижного состава

ГОСТ 24346-80 Вибрация. Термины и определения

ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация

ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 31185-2002 (ИСО 10815:1996) Вибрация. Измерения вибрации внутри железнодорожных туннелей при прохождении поездов

ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования

ГОСТ 31191.2-2004 (ИСО 2631-2:2003) Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Вибрация внутри зданий

ГОСТ 32192-2013 Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 34056-2017 Транспорт железнодорожный. Состав подвижной. Термины и определения

ГОСТ 34530-2019 Транспорт железнодорожный. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО/ТС 10811-1-2007 Вибрация и удар. Вибрация в помещениях с установленным оборудованием. Часть 1. Измерения и оценка

ГОСТ Р 51685-2013 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия

ГОСТ Р 52892-2007 Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию

ГОСТ Р 53964-2010 Вибрация. Измерения вибрации сооружений. Руководство по проведению измерений

ГОСТ Р 56353-2022 Грунты. Методы лабораторного определения динамических свойств дисперсных грунтов

ГОСТ Р ИСО 2017-1-2011 Вибрация и удар. Упругие системы крепления. Часть 1. Технические данные для применения систем виброизоляции

ГОСТ Р ИСО 2017-2-2011 Вибрация и удар. Упругие системы крепления. Часть 2. Технические данные для применения систем виброизоляции для железнодорожного транспорта

ГОСТ Р ИСО 2017-3-2016 Вибрация и удар. Упругие системы крепления. Часть 3. Технические данные для применения систем виброизоляции при строительстве новых зданий

ГОСТ Р ИСО 2041-2012 Вибрация, удар и контроль технического состояния. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 10137-2016 Основы расчета строительных конструкций. Эксплуатационная надежность зданий в условиях воздействия вибрации

ГОСТ Р ИСО 14837-1-2007 Вибрация. Шум и вибрация, создаваемые движением рельсового транспорта. Часть 1. Общее руководство

ГОСТ Р 59940-2021 Системы виброизоляции зданий и сооружений. Методы испытаний вибродемпфирующих материалов

СП 16.13330.2017 "СНиП II-23-81\* Стальные конструкции" (с изменениями N 1, N 2, N 3, N 4)

СП 22.13330.2016 "СНиП 2.02.01-83\* Основания зданий и сооружений" (с изменениями N 1, N 2, N 3, N 4)

СП 26.13330.2012 "СНиП 2.02.05-87 Фундаменты машин с динамическими нагрузками" (с изменением N 1)

СП 35.13330.2011 "СНиП 2.05.03-84\* Мосты и трубы" (с изменениями N 1, N 2, N 3)

СП 51.13330.2011 "СНиП 23-03-2003 Защита от шума" (с изменениями N 1, N 2, N 3)

СП 63.13330.2018 "СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения" (с изменениями N 1, N 2)

СП 64.13330.2017 "СНиП II-25-80 Деревянные конструкции" (с изменениями N 1, N 2, N 3)

СП 119.13330.2017 "СНиП 32-01-95 Железные дороги колеи 1520 мм" (с изменением N 1)

СП 120.13330.2012 "СНиП 32-02-2003 Метрополитены" (с изменениями N 1, N 2, N 3, N 4)

СП 122.13330.2012 "СНиП 32-04-97 Тоннели железнодорожные и автодорожные" (с изменениями N 1, N 2)

СП 297.1325800.2017 Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования (с изменением N 1)

СП 323.1325800.2017 Территории селитебные. Правила проектирования наружного освещения

СП 413.1325800.2018 Здания и сооружения, подверженные динамическим воздействиям. Правила проектирования (с изменением N 1)

СП 441.1325800.2019 Защита зданий от вибрации, создаваемой железнодорожным транспортом. Правила проектирования (с изменением N 1)

СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

Примечание - При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов."

### **3 Термины и определения**

Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"В настоящем своде правил применены термины по [1], СП 51.13330, СП 119.13330, СП 122.13330, СП 323.1325800, СП 441.1325800, ГОСТ Р ИСО 2041, ГОСТ 24346, ГОСТ Р ИСО 14837-1, ГОСТ 34056, ГОСТ 34530, ГОСТ 32192, ГОСТ Р 52892, СанПиН 1.2.3685, а также следующий термин с соответствующим определением:"

### **4 Общие положения**

Первый абзац. Второе предложение изложить в новой редакции:

"Положения настоящего свода правил следует использовать при выполнении расчетов по оценке степени вибрационного и шумового дискомфорта и при разработке мероприятий для обеспечения допустимых параметров вибрации и уровней структурного шума, регламентируемых

СанПиН 1.2.3685-21."

Дополнить примечанием в следующей редакции:

"Примечание - Допускаемые параметры вибрации и уровней структурного шума приведены в разделах 4.1, 4.2 и 4.3."

Пункты 4.1.1-4.1.3. Изложить в новой редакции:

"4.1.1 Выбор нормируемых параметров вибрации и уровней шума в помещениях жилых и общественных зданий и их допустимых значений осуществляют с учетом временного характера нормируемого фактора.

4.1.2 Требования к нормированию параметров вибрации и уровней шума для рабочих мест (для рабочей смены с учетом времени воздействия нормируемого фактора) установлены в СанПиН 1.2.3685.

4.1.3 Параметры вибрации и уровней шума оцениваются для производственных помещений с постоянными рабочими местами и с временным пребыванием людей, бытовых помещений и пассажирских помещений станций (за исключением открытых наземных платформ и переходов). Нормируемые значения приведены в СанПиН 1.2.3685, [7]."

Пункт 4.2.1. Изложить в новой редакции:

"4.2.1 Вибрация, передаваемая по грунту или непосредственно по несущим конструкциям здания или сооружения (например, при расположении пути или станции метрополитена в составе здания, на мосту или эстакаде), не должна оказывать негативного влияния на механическую безопасность несущих и ограждающих конструкций здания в течение его жизненного цикла."

Пункт 4.2.8. Изложить в новой редакции:

"4.2.8 Для конструкций, длительное время подвергающихся динамическим воздействиям от метрополитена, а также для зданий повышенного уровня ответственности или представляющих историко-культурную ценность, прочностные и деформационные характеристики материалов, используемые для оценки уровня воздействия на конструкцию, снижают в соответствии с числом циклов воздействия динамической нагрузки (расчет на выносливость) в соответствии с требованиями СП 35.13330 СП 16.13330."

Пункт 4.2.11. Таблица 4.1. Изложить в новой редакции:

"Таблица 4.1 - Категории зданий

Категория здания/сооружения	Назначение
1	Здания делового назначения, производственные здания и сооружения аналогичной конструкции
2	Жилые здания и здания аналогичной конструкции или назначения
3	Сооружения, не относящиеся к категории 1 или 2, имеющие высокую социальную важность (например, охраняемые памятники архитектуры, образовательные организации, научно-исследовательские институты, медицинские организации стационарного типа, культовые сооружения)

Примечание - К факторам, влияющим на риск повреждения конструкций зданий и сооружений, относят: тип фундамента, тип и состояние грунта в основании; особенность несущей схемы конструкции; расстояние до источника вибрации, расчетные характеристики источника.

"

Пункт 4.2.13. Дополнить пунктом 4.2.14 в следующей редакции:

"4.2.14 Проектирование оснований зданий и сооружений, попадающих в зону влияния линий метрополитена, проводят с учетом положений подраздела 6.14 СП 22.13330.2016. Скорость колебаний поверхности грунта и скорость колебаний фундамента определяют на основании расчета по разделу 5. Предельные значения скоростей колебаний фундамента - по 4.2.12 и, в отдельных случаях, выходящих за рамки 4.2.11 - по подразделу 6.14 СП 22.13330.2016."

Пункт 4.3.1. Примечание. Изложить в новой редакции:

"Примечание - Примерами высокоточного оборудования являются микровесы, электронные, туннельные, атомно-силовые, оптические и другие микроскопы, фотографические проекционные системы интегральных схем, оборудование для выращивания кристаллов, средства лазерной интерферометрии, приборы и оборудование для записи голографических дифракционных решеток, профилометры, делительные машины, фотоповторители, установки совмещения и экспонирования, установки для прецизионной литографии, компараторы, эталонные установки, оптические скамьи, нанотехнологическое оборудование, высокоточные многокоординатные обрабатывающие центры,

координатно-расточные станки, высокоточные измерительные и сканирующие системы и т.д."

Пункт 4.3.2. Первый абзац. Дополнить примечанием в следующей редакции:

"Примечание - Для детального анализа распространения колебательных волн в грунте и их взаимодействия с несущими конструкциями здания допускается оценивание проводить в более узких полосах, в том числе в 1/12-октавных полосах и в непропорциональном спектре."

Второй абзац. Изложить в новой редакции:

"Допустимые параметры вибрации в месте установки определяет изготовитель оборудования. При их отсутствии следует пользоваться VC-кривыми, приведенными в таблице 4.3."

Таблица 4.3. Дополнить примечанием в следующей редакции:

"Примечание - Изготовителем также могут быть установлены требования к уровню воздушного и (или) структурного шума в месте размещения оборудования, а также требования к асимптотической жесткости и (или) динамической податливости основания под установку оборудования."

Пункт 4.3.3. Первый, второй абзацы. Изложить в новой редакции:

"4.3.3 Оценку воздействия вибрации на технологическое оборудование проводят для времени оценки, составляющего не менее 30 мин в каждой точке для каждого направления."

Для повышения точности измерений рекомендуется увеличивать время проведения измерений и оценивания до 4 ч, если иное не оговорено в техническом задании (или в задании на проектирование)."

Пункт 4.3.5. Дополнить примечанием в следующей редакции:

"Примечание - Для производств, на которых предъявляются особые требования к точности измерений, а также при проектировании производств на перспективу развития рекомендуется при измерениях также определять среднее значение СКЗ виброскорости колебаний основания  $\pm$  удвоенное значение среднеквадратического отклонения СКЗ виброскорости колебаний основания, м/с".

Пункт 4.3.6. Дополнить вторым абзацем в следующей редакции:

"Для проектируемых производств выполнение оценки на соответствие критериям 4.3.2 проводят для прогнозируемых уровней вибрации, полученных по результатам расчета по разделу 5."

#### **5 Расчет динамического воздействия, вызванного движением поездов метрополитена**

Пункты 5.1.1, 5.1.2. Изложить в новой редакции:

"5.1.1 Расчет динамического воздействия, вызванного движением поездов метрополитена, проводят при прогнозировании ожидаемых значений вибрации в зданиях и сооружениях, расположенных в зоне влияния существующих или проектируемых линий метрополитена, в целях проверки их на соответствие санитарным требованиям, требованиям безопасности и надежности функционирования высокоточного оборудования, а также при разработке конкретных технических решений по виброзащите зданий, сооружений и верхнего строения пути (ВСП) метрополитена."

5.1.2 Требования по проектированию и реализации защиты от динамического воздействия линий метрополитена устанавливают для нового строительства в случае:

а) проектирования и (или) строительства зданий и сооружений в зоне влияния действующих линий метрополитена;

б) проектирования и (или) строительства зданий и сооружений в зоне влияния проектируемых или строящихся линий метрополитена;

в) проектирования и (или) строительства тоннельных и притоннельных сооружений, мостов и эстакад, станционных комплексов и транспортно-пересадочных узлов, входящих в состав действующих, проектируемых или строящихся линий метрополитена."

Примечание - К перечню сооружений, указанных в перечислениях а)-в), также относят электродепо, метромосты и эстакады, подстанции и другие объекты метрополитенов."

Пункт 5.1.3. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"5.1.3 Требования по оценке степени вибрационного и шумового дискомфорта, воздействия вибрации на несущие конструкции зданий и сооружений и технологические процессы, располагаемые в них, устанавливают для существующих зданий и сооружений при:"

Примечание. Изложить в новой редакции:

"Примечание - К перечню сооружений, указанных в перечислениях а)-в), также относят электродепо, метромосты и эстакады, подстанции и другие объекты метрополитенов."

Пункт 5.1.4. Второй абзац. Изложить в новой редакции:

"В отдельных случаях, при наличии сложных инженерно-геологических условий, в том числе на обводненных территориях, подземных протяженных коммуникаций и иных условий, изменяющих динамические свойства грунтов основания (в сторону увеличения скорости прохождения волн), ширина зоны (полосы) влияния может быть увеличена на значение, обоснованное расчетом."

Пункт 5.1.6. Первый абзац. Первое перечисление. Изложить в новой редакции:

"- оценочные эквивалентные и максимальные значения виброскорости  $v_{eg}$  и  $v_{max}$ , м/с, соответственно и оценочные эквивалентные значения виброускорения  $a_{gh}$ , м/с<sup>2</sup>, на рабочих местах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 1-63 Гц."

Пятый абзац. Первое предложение. Изложить в новой редакции:

"Переход от абсолютных значений вибрации в третьоктавных полосах частот к абсолютным значениям в октавных полосах осуществляют посредством энергетического суммирования по формуле".

Пункт 5.1.8. Изложить в новой редакции:

"5.1.8 При проверке условий (5.4)-(5.5) в качестве ожидаемых значений вибрации в оцениваемом здании не допускается в первом приближении принимать значения, рассчитанные (измеренные) на поверхности грунта в месте расположения фундамента проектируемого здания или сооружения с учетом динамических характеристик здания или сооружения."

Пункт 5.1.9. Второй абзац. Изложить в новой редакции:

"Выбор средств защиты от вибрации проводят с учетом их эффективности и экономичности."

Примечание. Изложить в новой редакции:

"Примечания

1 Перечисленные мероприятия следует предусматривать в случае превышения соответствующих требований по структурному шуму.

2 При выборе виброзащитных мероприятий приоритетным фактором является эффективность снижения вибрации. При возможности применить различные равноэффективные решения окончательное решение определяется на основании их экономической целесообразности с учетом организации компенсационных маршрутов, изменения эксплуатационных расходов и т.д."

Пункт 5.1.10. Изложить в новой редакции:

"5.1.10 Расчет динамического воздействия в зданиях и сооружениях, попадающих в зону влияния линий метрополитена, осуществляют в два этапа:

5.1.10.1 При оценке динамического воздействия, создаваемого подвижным составом метрополитена, на здания и сооружения, располагаемые в зоне влияния линии метрополитена, на этапе разработки проектной документации (или в случае обоснования инвестиций) следует выполнять условия 5.2.

В этом случае определяют уровни вибрации в помещениях зданий и сооружений и проводят их оценку на соответствие требованиям раздела 4.

5.1.10.2 В случае наличия незначительных (до 1 дБ в низкочастотной области (ниже октавной полосы со среднегеометрической частотой 31,5 Гц) нормируемого диапазона), существенных (свыше 20 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 16 Гц) превышений уровней вибрации, полученных по результатам расчета по методике 5.2, а также для более детального проектирования систем виброизоляции по разделам 7 и 8 следует руководствоваться положениями 5.8.

Примечание - Расчет по 5.1.10.2 выполняется после выполнения расчета по 5.1.10.1, если иное не указано в техническом задании (или в задании на проектирование) или в задании на проведение оценки виброакустического воздействия."

Пункт 5.1.11. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"5.1.11 Исходными данными для выполнения расчетов в соответствии с настоящим сводом правил являются:";

перечисление 4). Изложить в новой редакции:

"4) архитектурные и конструктивные решения исследуемого (проектируемого) здания или сооружения;"

Пункт 5.1.12. Первый абзац и перечисление а). Изложить в новой редакции:

"5.1.12 Прогнозирование значений виброскорости в зданиях и сооружениях и подбор виброзащитных мероприятий проводят в такой последовательности:

а) определяют вероятностные характеристики значений вибрации обделок тоннелей и лотковой части пути линии метрополитена в соответствии с 5.2, с учетом текущего состояния конструкции пути и скорости обращения подвижного состава (точки 1, 2 на рисунке 5.1);"

Перечисления в)-е). Изложить в новой редакции:

"в) определяют вероятностные характеристики массовых, динамических упругих и диссипативных параметров слагающих грунтов: плотность, скорости продольных и поперечных волн и коэффициент потерь в каждом слое по 6.2;

г) определяют ожидаемые значения виброскорости на поверхности грунта в соответствии с 5.4 с учетом их вероятностного разброса (точка 3 на рисунке 5.1);

д) определяют ожидаемые значения виброскорости фундамента здания в соответствии с 5.5 (точка 4 на рисунке 5.1);

е) определяют ожидаемые значения виброскорости несущих элементов здания (перекрытий и стен) в соответствии с 5.6, 5.7 (точки 5, 6 на рисунке 5.1);"

Пункт 5.1.13. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"5.1.13 Вычисление виброскорости  $v$ , м/с, несущих и (или) ограждающих конструкций зданий и сооружений проводят по формуле".

Формула (5.6). Пояснение символа " $k_{trains}$ ". Изложить в новой редакции:

" $k_{trains}$ " - поправочный коэффициент, учитывающий возможность одновременного движения по нескольким путям на рассматриваемом участке, определяют по подпункту 5.2.2.3 СП 441.1325800.2019;".

Пояснение символа " $k_{edge}$ ". Изложить в новой редакции:

" $k_{edge}$ " - частотно-зависимая функция, учитывающая наличие системы виброизоляции (в конструкции ВСП, здания или на пути распространения волны в грунте). В случае ее отсутствия принимают равной единице в заданном частотном диапазоне;".

Рисунок 5.1. Подрисовочная подпись. Изложить в новой редакции:

"Рисунок 5.1 - Схема расположения характерных расчетных точек".

Четвертый абзац. Изложить в новой редакции:

"Формулу (5.6) применяют при вычислении нормируемых разделом 4 параметров как для вертикальной, так и для горизонтальной составляющих колебаний с учетом замены соответствующих частотно-зависимых функций в зависимости от направления воздействия."

Пункт 5.1.14. Изложить в новой редакции:

"5.1.14 В случае если измерения вибрации проводят в точках на абрисе фундамента для всех режимов движения поездов метрополитена, обращающихся по выбранному участку линии с установленными скоростями, коэффициенты  $k_{trains}$ ,  $k_{speed}$  и  $k_{rail}$  принимают равными единице."

Примечание - При проведении измерений вибрации в точках на абрисе фундамента (точка 3 на рисунке 5.1) расчет выполняют от данной точки, т.е. начиная с перечисления г) 5.1.12."

Пункт 5.1.15. Дополнить пунктом 5.1.16 в следующей редакции:

"5.1.16 По результатам прогноза динамического воздействия выполняют для рассматриваемого здания или сооружения расчет структурного шума в нормируемых (в соответствии с положениями раздела 4) помещениях. Расчет выполняют в соответствии с требованиями раздела 6 СП 441.1325800.2019."

Примечание - Число и тип помещений для расчета могут быть увеличены по требованию генерального проектировщика."

Пункты 5.2.1, 5.2.2. Изложить в новой редакции:

"5.2.1 На основании анализа проектной документации на выбранном участке линии метрополитена выделяют участки с однотипной конструкцией ВСП."

5.2.2 Исходными расчетными параметрами колебаний обделок тоннелей метрополитена являются величины вертикальной и горизонтальной составляющих виброскорости ее лотковой части, определяемые для выбранной конструкции ВСП в третьоктавных полосах частот, сигнал в которых выделяется за уровнем фоновой вибрации при измерениях на поверхности грунта."

Примечание - В качестве исходных уровней динамической нагрузки от подвижного состава метрополитена допускается использовать результаты натурных измерений уровней вертикальной и боковой динамической нагрузки, приходящихся от колеса на рельс."

Исходными расчетными параметрами для расчета колебаний открытых участков путей метрополитена, а также конструкции ВСП, проложенного по мостам и эстакадам, являются величины вертикальной и горизонтальной составляющих виброскорости шпал."

Примечание - В случае отсутствия указанных данных в первом приближении допускается применять результаты измерений динамических характеристик потока подвижных составов метрополитена на расстоянии 8 м от оси пути. При измерениях допускается руководствоваться положениями СП 441.1325800.2019 (приложение Б)."

Пункт 5.2.3. Второй абзац. Изложить в новой редакции:

"Величины вертикальной и горизонтальной составляющих виброскорости лотковой части тоннеля в третьоктавных полосах частот  $i$  определяют по формуле".

Экспликация к формулам (5.7), (5.8). Определения к формулам коэффициентов  $K_y$ ,  $K_c$ .

Определения  $\rho_r$ ,  $\lambda_r$ ,  $\mu_r$ . Изложить в новой редакции:

"где  $\rho_r$ ,  $\lambda_r$ ,  $\mu_r$  - плотность, кг/м<sup>3</sup>, и коэффициенты Ламе прилегающего грунта;".

Пункт 5.2.4. Изложить в новой редакции:

"5.2.4 Динамические характеристики материалов тоннельной обделки назначают в соответствии с положениями СП 63.13330, СП 120.13330 и СП 413.1325800 или по результатам лабораторных испытаний материалов."

Массово-инерционные характеристики тоннельных обделок назначают на основании расчетов по имеющейся проектной (конструкторской) документации на конструкцию тоннельной обделки. Момент инерции поперечного сечения тоннеля определяют с учетом наличия жесткого основания и путевого бетона (при наличии) для каждой из центральных осей."

Пункт 5.3.3. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"5.3.3 Величина динамической силы, действующей на лотковую часть тоннеля, определяется в

третьоктавных полосах частот, сигнал в которых выделяется над уровнем фоновой вибрации при измерениях на поверхности грунта, но не менее третьоктавного диапазона 4-63 Гц."

Пункт 5.4.1. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"5.4.1 Вертикальную и горизонтальную составляющие виброскорости на поверхности грунта в третьоктавных (октавных) полосах частот  $f$  определяют по формуле".

Дополнить примечанием в следующей редакции:

"Примечание - Динамические параметры грунтов определяют по результатам натурных и (или) лабораторных испытаний с учетом вероятностных характеристик их распределения. Коэффициент затухания определяют на среднегеометрических частотах, участвующих в расчете."

Пункт 5.4.4. Дополнить примечанием в следующей редакции:

"Примечание - Для зданий нормального уровня ответственности в качестве наиболее вероятного значения выбирается уровень не менее 95%, для зданий повышенного уровня ответственности - не менее 99%."

Пункт 5.5.1. Третье предложение. Изложить в новой редакции:

"При этом характеристики материалов фундамента следует рассматривать в первом приближении в пределах их упругой работы."

Дополнить примечанием в следующей редакции:

"Примечание - При выполнении детального прогноза по 5.1.10.2 допускается в первом приближении расчет выполнять в предположении, что основание обладает линейно-упругими свойствами, а для уточнения расчетов пользоваться соответствующими апробированными (верифицированными) моделями грунтов."

Пункт 5.5.3. Второй абзац. Изложить в новой редакции:

"Расчет скоростей колебаний фундамента и передаточной функции  $k_{fund}$  в третьоктавной полосе частот осуществляют по аналогии с пунктом 5.2.4 СП 441.1325800.2019 при замене слагаемых, вычисляемых в октавных полосах частот, на слагаемые, вычисляемые в третьоктавных полосах частот."

Пункты 5.6.1-5.6.3. Изложить в новой редакции:

"5.6.1 Расчет распространения колебаний по несущим конструкциям зданий и сооружений, этажностью не превышающих 10-15 этажей, или характерным размером конструкции, не превышающим 30-45 м, для надземных сооружений проводят в предположении рассеяния энергии колебаний при распространении по несущему каркасу здания или сооружения с учетом потерь на внутреннее трение в материале."

5.6.2 Расчет распространения колебаний по несущим конструкциям заглубленных зданий и сооружений проводят с учетом 5.6.1, а также с учетом рассеяния энергии в прилегающем массиве грунта."

5.6.3 Способность материала конструкций поглощать энергию колебаний вследствие внутреннего трения, обуславливающая затухание свободных колебаний, характеризуют коэффициентом поглощения  $\Psi$ , определяемым по СП 413.1325800."

Пункт 5.6.5. Второе предложение. Изложить в новой редакции:

"При этом расчетная модель должна учитывать действительные условия работы здания или сооружения, соответствующие рассматриваемой расчетной ситуации, в том числе факторы, указанные в 5.5.4."

Пункт 5.7.1. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"5.7.1 Расчет значений резонансного увеличения амплитуд колебаний конструкций проводят для изгибаемых элементов зданий и сооружений (перекрытий, покрытий и т.д.)."

Пункт 5.7.2. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"5.7.2 Для выбранных групп изгибаемых элементов определяют плотность форм их колебаний и передаточные функции  $k_{rez}$  в третьоктавных полосах частот, в которых сигнал от поездов метрополитена выделяется над уровнем фоновой вибрации."

Третий абзац. Первое предложение. Изложить в новой редакции:

"Расчет допускается проводить в рамках численного моделирования в апробированных программных комплексах, в том числе построенных на основе метода конечных элементов (МКЭ)."

Дополнить пункт после третьего абзаца примечанием в следующей редакции:

"Примечание - Для зданий и сооружений, находящихся в эксплуатации, по результатам обследований определяют физико-механические характеристики несущих и (или) ограждающих конструкций, которые учитывают при выполнении указанного динамического расчета. При этом для новых зданий и сооружений допускается использовать нормативные параметры материалов конструкций."

Пункт 5.7.3. Изложить в новой редакции:

"5.7.3 Основываясь на полученных значениях частот и форм колебаний ограждающих конструкций по 5.7.2, определяют их передаточную функцию по пункту 5.2.5 СП 441.1325800.2019."

Пункт 5.7.5. Дополнить пунктом 5.7.6 в следующей редакции:

"5.7.6 Для уточнения значений резонансного увеличения амплитуд колебаний конструкций выполняют их расчет в соответствии с положениями данного раздела как для нормативных параметров материалов (например, начального модуля упругости бетона), так и для параметров материалов с учетом времени нагружения (т.е. с учетом старения).

Примечание - Данный расчет проводят для этапа по 5.1.10.2. Для этапа по 5.1.10.1 его проводят при соответствующем задании генерального проектировщика."

Подпункт 5.8.1.1. Изложить в новой редакции:

"5.8.1.1 Для детального расчета динамического воздействия линий метрополитена на здания и сооружения следует разрабатывать детальные расчетные математические модели, например, используя МКЭ, метод граничных элементов (МГЭ), метод конечных разностей или другие апробированные методы строительной механики. Допускается совмещение указанных методов в рамках единой расчетной модели."

Подпункт 5.8.1.3. Изложить в новой редакции:

"5.8.1.3 Прогноз допускается выполнять по формуле (5.6), в которой необходимые передаточные функции  $k_{edge}$ ,  $k_{fund}$ ,  $k_{rez}$ ,  $k_h$  определяют по результатам расчетов на моделях, построенных с учетом требований 5.8."

Подпункт 5.8.3.1. Дополнить примечанием в следующей редакции:

"Примечание - Расчетная динамическая модель здания (РДМ) должна быть согласована с расчетными статическими моделями конструкций, учитывающими особенности распределения нагрузок, масс и жесткостей зданий и сооружений в плане и по высоте, а также пространственный характер деформирования конструкций при воздействии колебательных волн в основании."

Расчет зданий и сооружений, имеющих сложное конструктивно-планировочное решение, следует определять с применением пространственных РДМ зданий и с учетом пространственного характера распределения колебательных волн в основании.

В пространственной РДМ следует учитывать динамическое взаимодействие сооружения с основанием. Динамические нагрузки, передаваемые сооружением на основание, следует принимать пропорциональными перемещениям самого сооружения. Коэффициенты пропорциональности (коэффициенты упругой жесткости основания) следует определять на основе упругих параметров грунтов, вычисляемых по данным о скоростях упругих волн в грунте или на основе корреляционных связей этих параметров с физико-механическими свойствами грунтов (раздел 6 настоящего свода правил)".

Подпункт 5.8.3.4. Первый абзац. Первое предложение. Изложить в новой редакции:

"5.8.3.4 Расчетная модель считается верифицированной в случае, если расхождение между результатами расчета и результатами натурных измерений не превышает 3 дБ по уровню виброскорости."

## **6 Определение физико-механических свойств грунтов при расчетах вибрации от движения поездов метрополитена**

Пункт 6.1.1. Изложить в новой редакции:

"6.1.1 При анализе распространения вибрации в грунте от тоннелей метрополитена расчеты следует проводить в нормируемых третьоктавных диапазонах со среднегеометрическими частотами 1-80 Гц, сигнал в которых выделяется за уровнем фоновой вибрации при измерениях на поверхности грунта."

Пункт 6.1.5. Заменить ссылку: "ГОСТ 12248" на "ГОСТ 12248.3, ГОСТ 12248.9, ГОСТ 12248.10".

Примечание. Изложить в новой редакции:

"Примечания

1 Расчетные значения характеристик грунта должны быть определены с двусторонней доверительной вероятностью, а в качестве расчетных приняты значения, повышающие надежность проектного решения.

2 В рамках технического задания может быть внесено требование о предоставлении параметров динамического модуля упругости и модуля сдвига на других частотах из ряда 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 100 Гц, в случае если доминирующие частоты динамического воздействия для данной категории подвижного состава и типа ВСП выделяются для более низких частот. При этом динамические параметры грунтов должны быть определены для минимум двух частот из указанного ряда."

Пункт 6.2.3. Дополнить примечанием в следующей редакции:

"Примечание - Задачу решают итерационно до достижения необходимой точности."

Пункт 6.2.4. Изложить в новой редакции:

"6.2.4 Чтобы учесть зависимость определяемых параметров от частоты, а также принимая во внимание 6.1.4, расчеты следует проводить в третьоктавных диапазонах со среднегеометрическими частотами 1-63 Гц, если иная ширина частотного диапазона не обоснована расчетом или непосредственными измерениями на месте."

Пункт 6.3.3. Первое перечисление. Изложить в новой редакции:

"- в качестве источника допускается использовать инерционный дебалансный вибратор, электрогидравлический или пневматический вибровозбудитель, динамический ударный молоток или аналоги (далее - источник);".

Дополнить пункт после пятого перечисления примечанием в следующей редакции:

"Примечание - В качестве стандартизированного источника допускается использовать стандартный взрывной пакет мощностью 50-100 г тротилового эквивалента, при соблюдении соответствующих правил обращения со взрывчатыми веществами."

Пункт 6.3.4. Первое перечисление. Изложить в новой редакции:

"- в качестве источника допускается использовать инерционный дебалансный вибратор, электродинамический или сервогидравлический вибровозбудитель, реализующий динамическую нагрузку, сопоставимую с динамической нагрузкой от движущегося поезда, динамический ударный молоток или аналоги (далее - источник);".

Пункт 6.3.7. Изложить в новой редакции:

"6.3.7 Скорости распространения продольных и поперечных волн допускается определять геофизическими методами. Технические требования к производству геофизических работ установлены в соответствующих строительных нормах [2]."

## **7 Виброизоляция верхнего строения пути**

Пункт 7.1.1. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"7.1.1 Наиболее эффективным способом снижения динамической нагрузки на здания и сооружения, расположенные в зоне влияния линии метрополитена, является виброизоляция "в источнике", т.е. виброизоляция верхнего строения пути метрополитена."

Пункт 7.1.3. Перечисление б). Изложить в новой редакции:

"б) проверяют условия (5.3). В случае их невыполнения сопоставляют эквивалентные и (или) максимальные значения виброскорости (эквивалентные значения виброускорения) в октавных (третьоктавных) полосах частот с  $f_{с.г.}$  от 1 до 63 Гц с выделяющимися над фоном значениями виброскорости с предельными значениями виброскорости (виброускорения), равными нормативным значениям по СанПиН 1.2.3685-21 (таблицы 5.4, 5.36, 5.37), соответствующим допустимым эквивалентным и максимальным скорректированным значениям виброскорости по СП 441.1325800.2019 (таблица 4.2) (предельно допустимым эквивалентным скорректированным значениям виброускорения по СП 441.1325800.2019 (таблица 4.3), допускаемым среднеквадратическим значениям виброскорости или пиковым значениям виброскорости по 4.2 и 4.3), и вычисляют превышения в октавных (третьоктавных) полосах нормируемого диапазона;"

Пункт 7.2.3. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"7.2.3 Динамические характеристики упругих элементов виброзащитной конструкции ВСП должны быть подтверждены соответствующими испытаниями в соответствии с методикой ГОСТ Р 59940 в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации в тоннеле метрополитена."

Пункт 7.3.3. Экспликация к формуле (7.3). Определение  $m_{unsp}$ . Изложить в новой редакции:

" $m_{unsp}$  - колеблющаяся масса, кг, представляющая собой сумму необрессоренных масс тележки подвижного состава, а также конструкции ВСП (рельса, промежуточного скрепления, шпалы или полушпалы, бетона путевой плиты, балласта и т.д.), приходящуюся на одну подрельсовую опору."

Пункты 7.3.6, 7.3.7. Изложить в новой редакции:

"7.3.6 Суммарная жесткость упругих элементов виброзащитной конструкции ВСП должна обеспечивать удовлетворение требований на вертикальный прогиб пути и боковое смещение. Максимально допустимые вертикальные и горизонтальные перемещения пути должны составлять от 4 до 6 мм [3], [4].

7.3.7 Требования к статическому расчету конструкции пути приведены в СП 35.13330, СП 120.13330, [5], [6]."

## **8 Виброизоляция зданий**

Пункт 8.1.1. Второй абзац. Изложить в новой редакции:

"При оценке эффективности разрабатываемого мероприятия по снижению избыточных значений динамических нагрузок необходимо учитывать нормируемые третьоктавные диапазоны частот 1-63 Гц, при контроле структурного шума - диапазон 63-250 Гц, при контроле воздействия вибрации на несущую способность зданий и сооружений, а также на технологическое оборудование - третьоктавный диапазон со среднегеометрическими частотами 1-100 Гц."

Пункт 8.1.3. Перечисление б). Изложить в новой редакции:

"б) проверяют условия (5.4). В случае их невыполнения сопоставляют эквивалентные и (или) максимальные значения виброскорости (эквивалентные значения виброускорения) в октавных (третьоктавных) полосах частот с  $f_{с.г.}$  от 1 до 63 Гц с выделяющимися над фоном значениями виброскорости с предельными значениями виброскорости (виброускорения), равными нормативным значениям по СанПиН 1.2.3685-21 (таблицы 5.4, 5.36, 5.37), соответствующим допустимым

эквивалентным и максимальным скорректированным значениям виброскорости по СП 441.1325800.2019 (таблица 4.2) (предельно допустимым эквивалентным скорректированным значениям виброускорения по СП 441.1325800.2019 (таблица 4.3), допускаемым среднеквадратическим значениям виброскорости или пиковым значениям виброскорости по 4.2 и 4.3), и вычисляются превышения в октавных (третьоктавных) полосах нормируемого диапазона;"

Пункт 8.1.13. Изложить в новой редакции:

"8.1.13 Замена предусмотренных проектной документацией материалов, изделий и конструкций допускается в порядке, установленном [2]."

Пункт 8.2.2. Дополнить пунктом 8.2.3 в следующей редакции:

"8.2.3 Динамические характеристики вибродемпфирующих материалов должны быть подтверждены соответствующими испытаниями в соответствии с методикой ГОСТ Р 59940."

**Приложение А Измерение и оценка вибрации от движения поездов метрополитена**

Пункт А.1.1. Первый абзац. Третье перечисление. Заменить значение: "4-250 Гц" на "1-250 Гц".

**Приложение Б Пример ориентировочных значений виброскорости колебаний обделки при различных конструкциях верхнего строения пути**

Пункт Б.2. Изложить в новой редакции:

"Б.2 Значения вертикальной и горизонтальной составляющих виброскорости колебаний, м/с, лотковой части обделки с конструкцией ВСП типа LVT-M (по схеме рисунка В.6, с полушпалой массой 105 кг и подшпальной прокладкой жесткостью 12 кН/мм) приведены в таблице Б.2."

Библиография

Изложить в новой редакции:

#### **"Библиография"**

[1] Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации"

[2] РСН 66-87 Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Сейсморазведка

[3] Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 21 декабря 2018 г. N 468 "Об утверждении Типовых правил технической эксплуатации метрополитена"

[4] Инструкция по текущему содержанию пути и контактного рельса метрополитенов. - Москва, 2005. - 159 с.: илл.

[5] Распоряжение Открытого акционерного общества "Российские железные дороги" от 18 декабря 2012 г. N 2607р "Об утверждении и введении в действие "Инструкции по применению конструкции верхнего строения пути в тоннелях"

[6] Распоряжение Открытого акционерного общества "Российские железные дороги" от 22 декабря 2017 г. N 2706р "Об утверждении Методики оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения надежности"

[7] СП 2.5.3650-20 Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры  
".

---

УДК 699.84:006.354

ОКС 91.120.25

---

Ключевые слова: метрополитен, поезд, верхнее строение пути, вибрация, структурный шум, грунт, здание, прогноз, защита, источник вибрации, измерение вибрации, снижение вибрации, проектирование, строительство, эксплуатация, динамическая характеристика, виброизоляция, вибродемпфирующий материал, виброизолятор, ограждающая конструкция

---