МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 31191.4— 2006 (ИСО 2631-4:2001)

Вибрация и удар

ИЗМЕРЕНИЕ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ И ОЦЕНКА ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА

Часть 4

Руководство по оценке влияния вибрации на комфорт пассажиров и бригады рельсового транспортного средства

ISO 2631-4:2001
Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 4: Guidelines for evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passengers and crew comfort in fixed-guideway transport systems
(MOD)

Издание официальное

БЗ 6—2005/120

Москва
Стандартинформ
2008

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—97 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 183 «Вибрация и удар»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 29 от 24 июня 2006 г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Кыргызстан	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Российская Федерация	RU	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	ZU	Узстандарт

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 2631-4:2001 «Вибрация и удар. Оценка воздействия общей вибрации на человека. Часть 4. Руководство по оценке влияния вибрации и угловых колебаний на комфорт пассажиров и бригады транспортных средств с фиксированными направляющими движения» (ISO 2631-4:2001 «Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 4: Guidelines for evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passengers and crew comfort in fixed-guideway transport systems») путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту, и изменения его структуры.

Сравнение структуры настоящего стандарта со структурой указанного международного стандарта приведено в дополнительном приложении В

5 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 декабря 2007 г. № 356-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31191.4—2006 (ИСО 2631-4:2001) введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2003 г.

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта публикуется в указателе «Национальные стандарты».

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе (каталоге) «Национальные стандарты», а текст изменений — в информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Национальные стандарты»

© Стандартинформ, 2008

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Учет особенности рельсовых транспортных средств при оценке комфорта пассажиров 2
5 Характеристики вибрации рельсовых транспортных средств 3
6 Измерение вибрации 4
7 Анализ вибрации 5
8 Оценка степени комфорта на основе опроса пассажиров 6
Приложение А (обязательное) Параметры функции частотной коррекции W_b 8
Приложение В (справочное) Изменение структуры настоящего стандарта по отношению к ИСО 2631-4:2001 9

Введение

Общие методы измерения и оценки общей вибрации, в том числе на транспортных средствах разных видов, установлены в *ГОСТ 31191.1*. Настоящий стандарт распространяет методы *ГОСТ 31191.1* на рельсовые транспортные средства, вибрация которых имеет свою специфику.

Рельсовые транспортные средства в процессе движения производят прогнозируемые, но сложные по составу и форме пространственные колебания, вид которых зависит от рельсового пути, конструкции транспортного средства и конструкции сиденья (или спального места). Степень комфорта пассажиров транспортного средства определяется не только вибрацией, но также и тем, насколько эта вибрация ожидаема с учетом класса оплаченных услуг. Длительность поездки не влияет непосредственно на оценку степени комфорта (за исключением восприятия низкочастотных колебаний, вызывающих укачивание), но от нее зависит поведение пассажиров в пути. Если длительность поездки превышает несколько минут, то пассажиры могут читать, писать, есть или пить, а если поездка является длительной, то и спать. При этом пассажиры могут по-разному оценивать комфортность транспортных средств в зависимости от ожидаемого уровня сервиса и длительности поездки. Кроме того, на субъективную оценку пассажира, помимо вибрации, оказывают влияние такие факторы как шум, температура, влажность, качество воздуха, удобство сиденья.

Настоящий стандарт предназначен для использования организациями, определяющими характеристики транспортных средств, покупающими их или осуществляющими их эксплуатацию. Методы оценки, установленные в настоящем стандарте, относятся в большей степени к сравнительной комфортности транспортных средств, нежели к абсолютному уровню комфорта.

По сравнению с примененным международным стандартом ИСО 2631-4:2001 в текст настоящего стандарта внесены следующие изменения:

- изменена структура стандарта, как указано в приложении В;
- в наименовании стандарта и по всему тексту термин «транспортное средство с фиксированными направляющими движения» заменен на «рельсовое транспортное средство»; его определение оставлено неизменным и перенесено из раздела 1 в новый раздел 3;
- раздел 2 дополнен ссылкой на *ГОСТ 12.1.012*, где определены общие термины по вибрационной безопасности;
- добавлено определение термина «квантиль» (пункт 3.2);
- для удобства пользования стандартом повторен рисунок 1 из *ГОСТ 31191.1*; соответственно изменен номер следующего рисунка;
- исключен элемент «Библиография».

Поправка к ГОСТ 31191.4—2006 (ИСО 2631-4:2001) Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 4. Руководство по оценке влияния вибрации на комфорт пассажиров и бригады рельсового транспортного средства (Издание. Февраль 2008 г.)

В каком месте	Напечатано	Должно быть
С. II. Предисловие. Пункт 5	введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2003 г.	введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2008 г.

(ИУС № 12 2008 г.)

Поправка к ГОСТ 31191.4—2006 (ИСО 2631-4:2001) Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 4. Руководство по оценке влияния вибрации на комфорт пассажиров и бригады рельсового транспортного средства

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь

(ИУС № 7 2009 г.)

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Вибрация и удар

ИЗМЕРЕНИЕ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ И ОЦЕНКА ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА

Часть 4

Руководство по оценке влияния вибрации на комфорт пассажиров и бригады рельсового транспортного средства

Vibration and shock. Measurement and evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 4. Guidelines for evaluation of the effects of vibration on passengers and crew comfort in rail vehicles

Дата введения — 2008—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает руководство по применению *ГОСТ 31191.1* для оценки влияния вибрации на комфорт пассажиров и бригады рельсовых транспортных средств.

Данное руководство предполагает получение оценки степени комфорта в процессе поездки на рельсовом транспортном средстве на основе рассмотрения только действующей на человека вибрации без учета других влияющих факторов.

Настоящий стандарт распространяется на людей с нормальным состоянием здоровья.

Настоящий стандарт устанавливает метод оценки воздействия колебаний на очень низких частотах (от 0,1 до 0,5 Гц) в вертикальном направлении, способных вызвать появление укачивания (болезни движения), которые обусловлены закруглениями пути, подъемами пути на виражах, а также отклоняющимися подвесками транспортного средства. Настоящий стандарт не распространяется на оценку степени комфортности в отношении низкочастотных (менее 0,5 Гц) ускорений, связанных с действием продольных или поперечных сил, которые обусловлены продольными и поперечными уклонами пути.

Настоящий стандарт не распространяется на одиночные удары с большой энергией, способные привести к травмам, подобные тем, что имеют место при дорожных авариях или столкновениях вагонов поезда, а также на сильную вибрацию, которая может повлечь ухудшение состояния здоровья.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 12.1.012—2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ ИСО 8041—2006 Вибрация. Средства измерения вибрации, воздействующей на человека. Общие требования (ИСО 8041:2005, IDT)

ГОСТ 17168—82 Фильтры электронные октавные и третьоктавные. Общие технические требования и методы испытаний (МЭК 61260:1995 «Электроакустика. Фильтры с полосой пропускания в одну октаву и доли октавы», NEQ)

ГОСТ 24346—80 Вибрация. Термины и определения (ИСО 2041:1990 «Вибрация и удар. Словарь», NEQ)

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

ГОСТ 31248—2004 Вибрация. Измерение и анализ общей вибрации, воздействующей на пассажиров и бригаду рельсового транспортного средства (ИСО 10056:2001, MOD)

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на территории государства по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ 12.1.012, ГОСТ ИСО 8041, ГОСТ 24346* и *ГОСТ 31191.1*, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **рельсовое транспортное средство:** Транспортное средство, способ передвижения которого предусматривает компенсацию центробежных сил при изменении направления движения.

Пример — Железнодорожные транспортные средства (международные и междугородние поезда и поезда местного сообщения), транспортные средства на магнитной подвеске.

3.2 **квантиль уровня *p*:** Значение случайной величины, для которого функция распределения случайной величины принимает значение p ($0 \le p \le 1$).

4 Учет особенности рельсовых транспортных средств при оценке комфорта пассажиров

Рельсовые транспортные средства в движении способны производить значительную поступательную и угловую вибрацию, оказывающую влияние на степень комфорта пассажиров. С точки зрения комфорта пассажиров рельсовых транспортных средств особо важную роль играют, как правило, колебания в вертикальном и поперечном (относительно движения) направлениях, а также угловая качка. Для стоящих пассажиров и членов бригады наибольшее значение могут иметь продольная и поперечная составляющие вибрации.

Другие факторы, такие как уровень акустического шума, температура и влажность воздуха, могут усиливать ощущение дискомфорта, поэтому воздействие этих факторов также следует принимать во внимание при интерпретации результатов, полученных в соответствии с настоящим стандартом.

Поскольку в процессе поездки пассажиры могут стоять, сидеть, лежать в разных позах относительно транспортного средства, система координат, связанная с телом человека, не всегда удобна для оценки комфорта пассажиров. Поэтому рекомендуется проводить измерения преимущественно в точках контакта тела сидящего человека с опорными поверхностями[1)], используя базицентрическую систему координат, которая определена в *ГОСТ 31191.1* (см. рисунок *1*).

Оценка влияния вибрации на комфорт пассажира осложняется такими факторами, как степень соответствия вибрации ожиданиям пассажира, а также длительность поездки, которая может варьироваться от нескольких минут до нескольких дней. В течение поездки пассажир может совершать разные действия: ходить, читать, писать, печатать, есть, пить, спать и т.д. Влияние вибрации выражается не только в том, что она может быть помехой занятиям определенного вида; ее воздействие, когда деятельность требует определенной зрительной концентрации, например, при чтении или письме, может повысить вероятность развития у пассажира болезни движения.

Для того, чтобы иметь возможность сравнивать результаты испытаний различных транспортных средств, необходимо располагать описаниями подвески транспортного средства и участка пути, на котором проведены измерения. Обычно измерения проводят на представительном участке пути (прямом или на закруглении), который, в свою очередь, должен включать в себя участки разного качества, которые могут наблюдаться при движении транспортного средства в процессе эксплуатации. Испытанию подвергают транспортные средства как с новыми колесами, так и (если возможно) с колесами, изношенными до предельно допустимого уровня.

[1)] *ГОСТ 31191.1 определяет измерения в точках контакта сиденья и тела человека как предпочтительные, однако это не всегда оправдано для рельсовых транспортных средств вследствие различия поз пассажиров и совершаемых ими действий. На условия поездки в рельсовых транспортных средствах влияние оказывают устройство пути, подвеска транспортного средства, его корпус, сиденья или спальные места. Сиденья и спальные места не являются постоянными элементами транспортного средства и могут заменяться в течение срока его службы.*

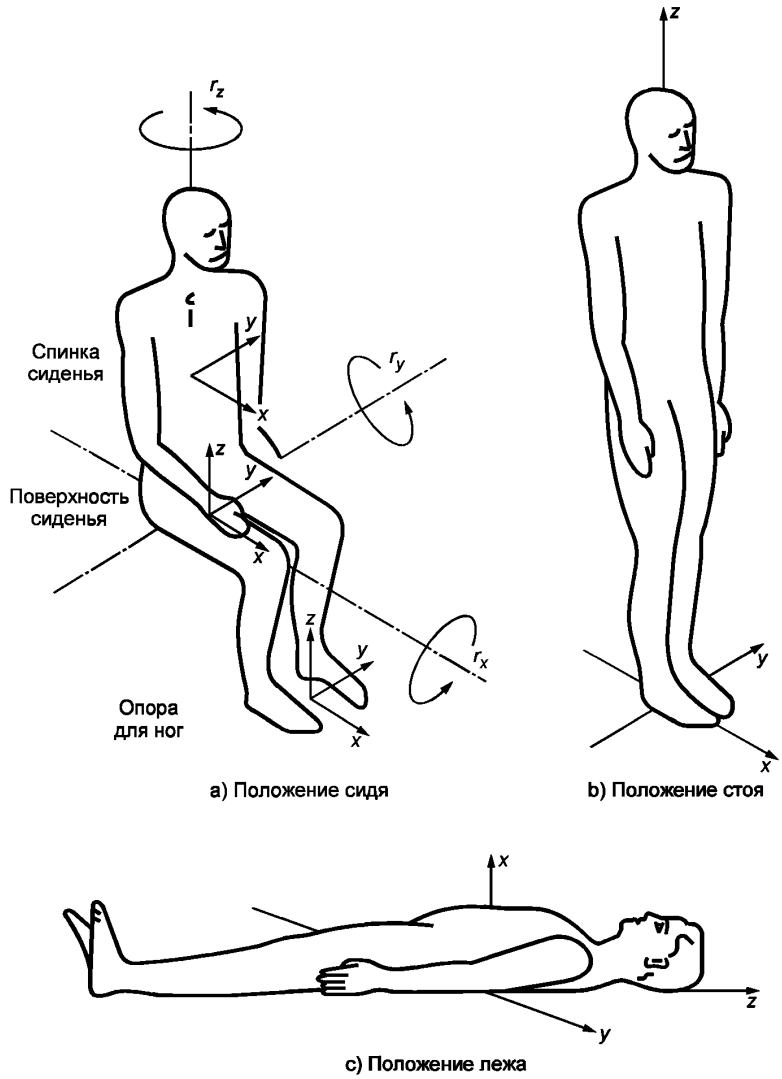

Рисунок 1 — Базицентрическая система координат для тела человека

Испытания проводят для пустых и (если возможно) заполненных людьми транспортных средств. Могут быть также проведены исследования влияния других условий нагрузки. На результаты испытаний могут оказать влияние такие факторы, как положение вагона в составе поезда или (иногда) направление его движения. Положение вагона в составе поезда и направление движения поезда должны быть зафиксированы и внесены в протокол испытаний.

5 Характеристики вибрации рельсовых транспортных средств

Вибрация рельсовых транспортных средств характеризуется:

- случайными поступательными и угловыми ускорениями, вызванными несовершенствами поверхностей в месте контакта колеса с опорой;

- почти периодическими колебаниями, вызванными нестабильностью движения рельсового транспортного средства (раскачиванием), колебаниями подвески, протяженными неравномерностями опорной поверхности, равноудаленными друг от друга стыками пути и т.д.;

- ускорениями почти постоянной амплитуды в поперечном и вертикальном направлениях при движении рельсового транспортного средства по закруглению пути, а также ускорениями почти постоянной амплитуды в продольном направлении при его разгоне или торможении;

- резкими внезапными колебаниями в случае значительных дефектов пути или на стрелках или изменениями уровня почти постоянного ускорения при изменении радиуса закругления пути (плавном или резком).

Для обычных железнодорожных транспортных средств диапазон частот колебаний, которые могут оказать влияние на степень комфорта пассажиров во время поездки, составляет от 0,1 до 2 Гц на закруглениях пути, от 0,5 до 10 Гц — для колебаний в продольном и поперечном направлениях и от 0,5 до 20 Гц — для вертикальной вибрации.

Для сверхскоростных рельсовых транспортных средств (250 км/ч и более), а также для составов с отклоняющейся подвеской может наблюдаться вертикальная составляющая ускорения в диапазоне частот от 0,1 до 0,5 Гц. Такие низкочастотные вертикальные колебания могут стать причиной болезни движения. В *ГОСТ 31191.1*, *приложение D*, приведено руководство по определению значений дозы укачивания на основе измерений вибрации в данном диапазоне частот.

На транспортном средстве могут наблюдаться два типа угловых колебаний:

- колебания относительно высокой амплитуды и низкой частоты при въезде на закругленный участок пути и выезде из него;

- повторяющееся раскачивание рельсового транспортного средства из стороны в сторону, обусловленное действием системы «подвеска — опорная поверхность».

Если подъем пути на виражах значителен или если транспортное средство имеет отклоняющуюся подвеску, угол наклона и скорость его увеличения необходимо учитывать при оценке влияния вибрации на комфорт пассажиров.

Длительный крен при поворотах на угол значительно более 24° обычно характерен для путешествий воздушным транспортом. Когда угол наклона увеличивается постепенно и сохраняется длительное время, это не ощущается пассажирами как дискомфорт. Однако если угол наклона быстро увеличивается, а затем уменьшается, то частое повторение таких процессов может привести к развитию болезни движения. Подобные резкие крены имеют место на закруглениях пути. Если скорость рельсового транспортного средства очень высока, наличие на пути участков закругления является для пассажиров потенциальным источником дискомфорта и риска развития болезни движения.

6 Измерение вибрации

Вибрация, воздействующая на пассажиров и членов бригады, зависит от состояния пути, колес, подвески, корпуса рельсового транспортного средства и элементов его внутренней конструкции (сидений и спальных мест).

При оценке влияния на комфорт пассажиров конструкции сидений и спальных мест измерения проводят на поверхностях контакта сидений или спальных мест с телом человека в точках, через которые конструкция рельсового транспортного средства воспринимает вес тела (см. таблицу 1).

Примечание — В некоторых случаях может оказаться полезным проведение измерений на подголовниках и подлокотниках для сидящего пассажира, а также в местах контакта ног лежащего пассажира с поверхностью спального места.

Таблица 1 — Места контакта тела человека с конструкцией

Положение человека	Место контакта
Стоя	Пол/ноги
Сидя	Опорная поверхность сиденья Спинка сиденья Пол/ноги
Лежа	Опорная поверхность для ягодиц, спины и головы

Внутренние элементы рельсового транспортного средства (сиденья, спальные места) за время его эксплуатации обычно подлежат неоднократной замене. Поэтому проведение измерений на этих элементах может быть менее полезным, чем на корпусе рельсового транспортного средства. Измерения на жестких элементах конструкции рассмотрены в *ГОСТ 31191.1*.

Если измерения проводят на корпусе вагона, используют следующую систему координат:

- ось z — направление вертикально вверх, перпендикулярно к поверхности пола транспортного средства;

- ось x — направление вдоль транспортного средства в сторону его движения;

- ось *y* — направление поперек транспортного средства в правую сторону от его движения;
- угловая: вращение вокруг оси *x*.

Рельсовое транспортное средство не всегда можно рассматривать как жесткое тело. Поэтому измерения следует проводить на обоих концах рельсового транспортного средства, а также в его середине (за исключением измерений вибрации вдоль оси *x*, для которой достаточно одной точки измерений). Для двухуровневого рельсового транспортного средства измерения следует проводить на обоих уровнях: на нижнем уровне — на обоих концах транспортного средства и в его середине, на верхнем уровне — только посредине. Вследствие широкого разнообразия конструкций транспортных средств точки измерения необходимо точно фиксировать и заносить в протокол испытаний.

Характеристики угловой вибрации измеряют, только если рельсовое транспортное средство имеет отклоняющуюся подвеску, или в случае больших подъемов на виражах, приводящих к появлению значительного крена.

Скорость нарастания угла крена может быть измерена с помощью гироскопа, закрепленного на поверхности пола. После этого угловое ускорение определяют дифференцированием угловой скорости по времени. Проведение измерений может потребовать низкочастотной фильтрации; характеристики фильтров должны быть указаны в протоколе испытаний.

В качестве альтернативы гироскопу можно рассматривать измерение углового ускорения с помощью двух акселерометров, закрепленных на полу в точках с одинаковой координатой *x* и разнесенных в продольном направлении на расстояние *d*. Угловое ускорение определяют как отношение $(\ddot{z}_{left} - \ddot{z}_{right})/d$, где $\ddot{z}_{left}$ и $\ddot{z}_{right}$ — выходные сигналы левого и правого акселерометров соответственно.

7 Анализ вибрации

ГОСТ 31191.1 устанавливает общее руководство по выбору функций частотной коррекции, которые могут быть использованы для широкого разнообразия конкретных условий воздействия вибрации. В соответствии с *ГОСТ 31191.1*, таблица 1, вибрацию в вертикальном направлении измеряют с использованием функции частотной коррекции W_k. Альтернативой при оценке степени комфорта на железнодорожном транспорте (см. *ГОСТ 31191.1*, *примечание к пункту С.2.2.1*) служит функция частотной коррекции W_b[1)], которая несколько отличается от W_k.

Следует иметь в виду, что иногда использование кривых W_k и W_b может привести к существенным различиям в оценке. Например, в области ниже 8 Гц корректированная характеристика, полученная на основе W_b, может быть в 1,25 раза меньше, а в области выше 8 Гц та же характеристика может быть в 1,2 раза больше, чем с использованием W_k. Обе функции частотной коррекции показаны на рисунке 2. Метод вычисления W_b приведен в приложении А. Постоянный коэффициент для этой функции частотной коррекции используют тот же, что установлен в *ГОСТ 31191.1* для W_k.

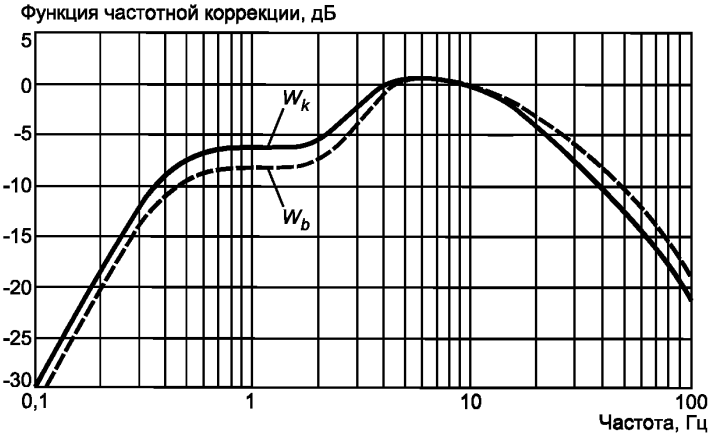

Рисунок 2 — Функции частотной коррекции W_b и W_k

[1)] В настоящее время функцию частотной коррекции W_b использует большинство зарубежных железнодорожных компаний развитых стран.

ГОСТ 31191.1, раздел 8, устанавливает метод оценки степени комфорта на основе расчета среднеквадратичного значения корректированного виброускорения. Однако на железнодорожном транспорте для этих целей может быть использовано статистическое описание вибрации (см. *ГОСТ 31248*). Статистический метод учитывает флуктуацию параметров вибрации и вариативность, связанную с субъектом испытаний, что позволяет сделать оценку нечувствительной к аномальным выбросам. В данном методе используемая для оценки вибрации величина определена как квантиль уровня 0,95 среднеквадратичных значений корректированного виброускорения на интервале интегрирования 5 с, полученных за период измерений 5 мин. При этом для оценки степени комфорта указанную величину определяют несколько раз, проводя измерения (не менее четырех) в разное время и, по возможности, в разных условиях движения рельсового транспортного средства.

Подъемы на виражах и отклоняющаяся подвеска рельсового транспортного средства предназначены для компенсации ускорений в поперечном направлении, но приводят к повышению вертикальной составляющей ускорения в низкочастотной области. Длительное воздействие низкочастотной вибрации в вертикальном направлении способно привести к развитию болезни движения. Руководство по оценке низкочастотной вибрации дано в *ГОСТ 31191.1, приложение D*, где установлен метод расчета дозы укачивания $MSDV_z$[1)].

Для железнодорожных транспортных средств характерны кратковременные всплески вибрации в поперечном направлении. Эти всплески носят перемежающийся характер и наблюдаются при прохождении стрелок или срабатывании ограничителей поперечного хода подвески. Такие процессы особенно неприятны для стоящих пассажиров. Краткое руководство по оценке колебаний в поперечном направлении приведено в *ГОСТ 31191.1, пункт 6.3.*

Примечание — Достаточно продолжительные ускорения в поперечном направлении имеют место, когда рельсовое транспортное средство въезжает на закругленный участок пути на скорости выше или ниже предусмотренной наклоном виража или механизмом отклонения подвески. Такие ускорения особенно неприятны для идущих пассажиров и членов бригады.

8 Оценка степени комфорта на основе опроса пассажиров

При необходимости получить общую оценку степени комфорта поездки в транспортном средстве следует принимать во внимание помимо вибрации такие факторы, как шум, температура и влажность. Важно также учитывать, чем заняты пассажиры и члены бригады во время поездки. Одним из способов получения требуемой информации является непосредственная регистрация реакции человека на внешние воздействия. Данный метод может быть использован при наличии представительного рельсового транспортного средства, движущегося по представительному участку транспортного пути, или же при наличии соответствующего имитатора условий движения.

При проведении таких испытаний существует ряд трудностей. Оценка комфортности поездки может дать полезную информацию об общих условиях поездки, и, в то же время, не ответить на вопрос, в какой степени эта оценка обусловлена собственно вибрацией. Ощущение комфорта в сильной степени зависит от субъекта испытаний, и у одного человека ощущения могут изменяться при повторении того же испытания на том же участке пути в разные дни. Чтобы сгладить влияние субъективного фактора на надежность и достоверность получаемых результатов, следует использовать правильно подобранные планы эксперимента.

Порядок проведения экспериментов особенно важен при оценке влияния условий движения на появление болезни движения. Известно, что восприятие виброускорения на низких частотах (от 0,1 до 0,5 Гц) имеет кумулятивный характер. Для компенсации вариативности, обусловленной человеческим фактором, необходимо соответствующим образом подбирать выборку субъектов испытаний и достаточное число раз подвергать их испытанию в повторяющихся условиях. При исследовании влияния условий движения на появление болезни движения важно правильно подобрать чередование участков испытательного пути. Для рельсовых транспортных средств это представляет определенную сложность, поскольку реально существует только две последовательности чередования участков (в прямую и обратную стороны движения рельсового транспортного средства). Использование в этих целях имита-

[1)] Установлено, что поперечные и угловые составляющие ускорения также могут способствовать развитию болезни движения. Поэтому, помимо расчета дозы укачивания для вертикальной составляющей, метод, изложенный в *ГОСТ 31191.1, приложение D*, может быть также использован с целью характеризовать степень жесткости поперечного и углового ускорения. При этом оценки, полученные подстановкой значений поперечной и угловой вибрации в выражение для дозы укачивания, не следует использовать для предсказания процента заболевших болезнью движения, а только как справочные в целях накопления информации.

торов также затруднено, поскольку только некоторые типы испытательного оборудования могут обеспечить ход в вертикальном направлении, достаточный для имитации низкочастотных ускорений, приводящих к болезни движения.

Если в качестве выходной переменной выступает реакция субъекта испытаний (субъект сам дает оценку своим ощущениям, определяя, насколько комфортными для него являются условия поездки), каждый субъект испытаний должен участвовать в ряде испытаний при движении транспортного средства по всем заданным участкам пути, причем для каждого субъекта испытаний порядок чередования участков должен быть разным. Вследствие кумулятивного эффекта воздействия вибрации, вызывающей болезнь движения, испытания должны быть проведены с интервалом в один день и более.

Реакции субъекта испытаний оценивают с использованием достаточно простой качественной шкалы, легко понятной субъектам испытаний. Поскольку часто целью испытаний является определение того, является ли новое или модернизированное рельсовое транспортное средство столь же хорошим с точки зрения комфорта пассажиров, что и предыдущее, шкала оценок должна быть двухполюсной. Кроме того, стоимость испытаний можно уменьшить, если огрубить шкалу оценок. Например, возможно проведение испытания с целью узнать, в каких случаях условия поездки воспринимают как «очень комфортабельные», а в каких — как «неопределенные», чтобы обоснованно оценить необходимость финансовых затрат на улучшение конструкции рельсового транспортного средства. Предлагаемая ниже двухполюсная шкала оценок условий поездки основана на однополюсной шкале «влияние вибрации на степень комфорта» по *ГОСТ 31191.1, пункт С.2.3*:

- очень комфортабельные;
- комфортабельные;
- неопределенные;
- некомфортабельные;
- очень некомфортабельные.

Согласованность реакций субъектов испытаний можно повысить, если перед началом испытаний ознакомить их с условиями поездки, характерными для той или иной оценки степени комфорта. Влияние ожиданий на согласованность реакции можно уменьшить, тщательно проинструктировав субъектов испытаний о том, какой вид услуг будет оцениваться. Если от пассажиров оцениваемого рельсового транспортного средства ожидается, что они должны совершать ряд действий, например, принимать пищу, читать или писать, то и субъекты испытаний в процессе испытаний должны быть заняты такой же деятельностью.

Другие детали конкретного испытания (число субъектов испытаний и вариантов условий поездки, для которых проводят испытания; число повторений для каждого условия поездки, необходимое для получения достоверной статистической оценки; порядок чередования условий и длительность поездки в конкретных условиях и пр.) зависят от целей испытания и имеющихся финансовых ресурсов. Подробное руководство по проведению испытаний должно быть основано на корректном применении методов планирования эксперимента.

Приложение А
(обязательное)

Параметры функции частотной коррекции W_b

А.1 Параметры передаточной функции

Параметры передаточной функции фильтров, используемых для формирования функции частотной коррекции, приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Параметры передаточной функции для частотной коррекции W_b

Полосовая			Весовая							
f_1, Гц	f_2, Гц	Q_1	f_3, Гц	f_4, Гц	f_5, Гц	f_6, Гц	Q_4	Q_5	Q_6	K
0,4	100	0,71	16	16	2,5	4	0,55	0,90	0,95	0,4

А.2 Аналитические выражения передаточных функций

Полосовая передаточная функция (полосовой фильтр) определяется формулой

$$H_b(p) = \frac{p^2 4\pi^2 f_2^2}{\left(p^2 + \frac{2\pi f_1}{Q_1} p + 4\pi^2 f_1^2\right)\left(p^2 + \frac{2\pi f_2}{Q_1} p + 4\pi^2 f_2^2\right)}. \quad (A.1)$$

Весовая передаточная функция для W_b определяется формулой

$$H_w(p) = \frac{(p + 2\pi f_3)\left(p^2 + \frac{2\pi f_5}{Q_5} p + 4\pi^2 f_5^2\right)}{\left(p^2 + \frac{2\pi f_4}{Q4} p + 4\pi^2 f_4^2\right)\left(p^2 + \frac{2\pi f_6}{Q_6} p + 4\pi^2 f_6^2\right)} \cdot \frac{2\pi K f_4^2 f_6^2}{f_3 f_5^2}, \quad (A.2)$$

где f_n — резонансные частоты, n = 1, ... 6;

Q_n — добротность, n = 1, 4, 5, 6;

K — постоянный коэффициент;

$H(p)$ — передаточная функция фильтра, $p = j2\pi f$.

Значения функции частотной коррекции в третьоктавных полосах частот (с учетом полосовой фильтрации) приведены в таблице А.2

Таблица А.2 — Значения функции частотной коррекции W_b в третьоктавных полосах частот (с учетом полосовой фильтрации)

Номер полосы частот[1] x	Частота f, Гц	W_b		Номер полосы частот[1] x	Частота f, Гц	W_b	
		×1000	дБ			×1000	дБ
–10	0,1	25,0	–32,04	9	8	1025	0,21
–9	0,125	38,9	–28,20	10	10	974	–0,23
–8	0,16	63,2	–23,98	11	12,5	907	–0,85
–7	0,2	97,3	–20,23	12	16	810	–1,83
–6	0,25	146	–16,71	13	20	708	–3,00
–5	0,315	211	–13,51	14	25	600	–4,44
–4	0,4	282	–10,98	15	31,5	492	–6,16
–3	0,5	334	–9,53	16	40	393	–8,11
–2	0,63	367	–8,71	17	50	313	–10,09
–1	0,8	381	–8,38	18	63	239	–12,43
0	1	385	–8,29	19	80	171	–15,34
1	1,25	386	–8,27	20	100	116	–18,72
2	1,6	392	–8,07	21	125	70,8	–23,00
3	2	417	–7,60	22	160	37,3	–28,56
4	2,5	494	–6,13	23	200	19,9	–34,03
5	3,15	662	–3,58	24	250	10,4	–39,69
6	4	889	–1,02	25	315	5,22	–45,65
7	5	1025	0,21	26	400	2,56	–51,84
8	6,3	1055	0,46				

[1] Индекс x обозначает номер полосы частот в соответствии с *ГОСТ 17168*.

Приложение В
(справочное)

Изменение структуры настоящего стандарта по отношению к ИСО 2631-4:2001

Указанное в таблице Е.1 изменение структуры межгосударственного стандарта относительно структуры примененного международного стандарта обусловлено добавлением раздела 3 «Термины и определения» для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5.

Таблица В.1

Структура международного стандарта ИСО 2631-4:2001	Структура настоящего стандарта
Раздел	Раздел
1	1
2	2
—	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
Примечание — Структурные элементы настоящего стандарта и международного стандарта ИСО 2631-4:2001, не указанные в данной таблице, идентичны.	

УДК 534.322.3.08:006.354 МКС 13.160 45.060.01 Т34

Ключевые слова: вибрация, железнодорожный транспорт, комфорт, болезнь движения, функция частотной коррекции, оценка

Редактор *В.Н. Копысов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 18.01.2008. Подписано в печать 14.02.2008. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,40. Тираж 226 экз. Зак. 116.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru