ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ 413— 2020

Интеллектуальные транспортные системы

УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Часть 3

Механические нагрузки

(ISO 16750-3:2012, NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «ТранснавиСофт»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 057 «Интеллектуальные транспортные системы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 июля 2020 г. № 22-пнст

4 Настоящий стандарт является неэквивалентным по отношению к стандарту ИСО 16750-3:2012 «Транспорт дорожный. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 3. Механические нагрузки» (ISO 16750-3:2012 «Road transport — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 3: Mechanical loads», NEQ)

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: 123083 Москва, ул. Мишина, д. 35 и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 109074 Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 1.

*В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2020

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 Испытания и технические требования 2
4.1 Вибрационные испытания 2
4.2 Испытания на механический удар 23
4.3 Испытания на удар, возникающий при свободном падении 24
4.4 Испытания на поверхностную прочность и устойчивость к царапинам и истиранию 25
4.5 Испытания на воздействие гравием 25
5 Кодовые буквы для механических нагрузок 25
6 Документация 25
Приложение А (справочное) Руководство по разработке программы вибрационных испытаний 28
Приложение Б (справочное) Рекомендуемые механические требования к оборудованию в зависимости от места установки 39

Введение

Международная организация по стандартизации (ИСО) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов — членов ИСО). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ИСО. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ИСО, также принимают участие в работах. ИСО тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (МЭК) по вопросам стандартизации в области электротехники.

Проекты международных стандартов разрабатываются в соответствии с правилами документа «Директивы ИСО/МЭК» (часть 2).

Основной задачей технических комитетов является подготовка международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения не менее 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Следует иметь в виду, что некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектом патентных прав. Международная организация по стандартизации не несет ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав.

В данную серию предварительных национальных стандартов включено несколько частей под общим названием «Интеллектуальные транспортные системы. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования»:

- часть 1: Общие положения;
- часть 2: Электрические нагрузки;
- часть 3: Механические нагрузки;
- часть 4: Климатические воздействия;
- часть 5: Химические воздействия.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Интеллектуальные транспортные системы

УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Часть 3

Механические нагрузки

Intelligent transport systems. Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment. Part 3. Mechanical loads

Срок действия — с 2021—01—01
до 2024—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт рассматривает потенциальное воздействие внешней среды в форме механических нагрузок на электрические и электронные компоненты, устанавливаемые на автомобили или дорожные транспортные средства.

Настоящий стандарт описывает механические нагрузки.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 28203 (МЭК 68-2-6-82) Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Fc и руководство: Вибрация (синусоидальная)

ГОСТ 30630.1.9 Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Особенности цифрового управления испытаниями на воздействие широкополосной случайной вибрации

ГОСТ 31419 Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на вибрацию с воспроизведением воздействий нескольких типов

ГОСТ Р 1.5 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения

ГОСТ Р 51369 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие влажности

ГОСТ Р 51371 Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие ударов

ГОСТ Р 53189 Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на вибрацию с воспроизведением воздействий нескольких типов

ПНСТ 411—2020 Интеллектуальные транспортные системы. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 1. Общие положения

ПНСТ 414—2020 Интеллектуальные транспортные системы. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 4. Климатические нагрузки

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов 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 стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ПНСТ 411—2020.

4 Испытания и технические требования

4.1 Вибрационные испытания

4.1.1 Общие положения

Указанные методы вибрационных испытаний рассматривают различные уровни тяжести вибрации, применимые к бортовому электрическому и электронному оборудованию. Рекомендуется, чтобы производитель транспортного средства и поставщик выбирали метод испытаний, температуру окружающей среды и параметры вибрации в зависимости от конкретного места установки оборудования. Рекомендуемые механические технические требования к оборудованию, в зависимости от места установки, указаны в приложении Б.

При правильном применении процессы управления окружающими условиями и инженерные процессы, описанные в настоящем стандарте, могут иметь важное значение для формирования уверенности в экологичности и общей долговечности. Тем не менее, важно признать, что существуют ограничения, присущие лабораторным испытаниям, которые заставляют соблюдать осторожность и инженерную оценку при экстраполяции этих данных, полученных в лабораторных условиях, к результатам, которые могут быть получены в реальных условиях эксплуатации. Во многих случаях реальные воздействия окружающей среды (по отдельности или в комбинации) не могут быть практически или надежно продублированы в испытательных лабораториях. Следовательно, пользователи настоящего стандарта не должны предполагать, что система или компонент, который успешно выдержал испытания на соответствие требованиям настоящего стандарта, также успешно пройдет натурные испытания в реальных условиях эксплуатации в составе транспортного средства.

Указанные значения — это наилучшая оценка, которую можно получить до момента получения результатов измерений на транспортном средстве, но они не заменяют результатов натурных испытаний.

Указанные значения применяют к условиям монтажа в определенных местах. Например, использование кронштейна для монтажа может привести к увеличению или уменьшению нагрузки. Если испытываемое устройство установлено на транспортном средстве с помощью кронштейна, то во время испытаний на вибрацию и механический удар оно должно быть установлено на данном кронштейне.

При измерении вибрации испытываемого устройства, установленного соответствующим образом, в протоколе испытаний должен быть указан используемый метод крепления. Частота вибрации изменяется по 0,5 октава/мин для синусоидальных тестов и синусоидальная часть синуса для случайных тестов. Назначение вибрационных испытаний заключается в том, чтобы избежать отказов и неисправностей главным образом из-за усталости в эксплуатационных условиях.

Испытания на износ имеют особые технические требования и не рассматриваются в настоящем стандарте.

Нагрузки за пределами обозначенных диапазонов частот испытаний должны рассматриваться отдельно.

Примечание — Отклонения от нагрузки на испытуемом устройстве могут возникнуть в случае проведения испытаний на вибрацию в соответствии с настоящим стандартом на тяжелом и громоздком испытуемом устройстве, поскольку жесткость монтажа и динамическая реакция на возбуждение вибростола отличаются от

условий при установке на транспортном средстве. Это отклонение может быть минимизировано путем применения метода среднего контроля (см. приложение А).

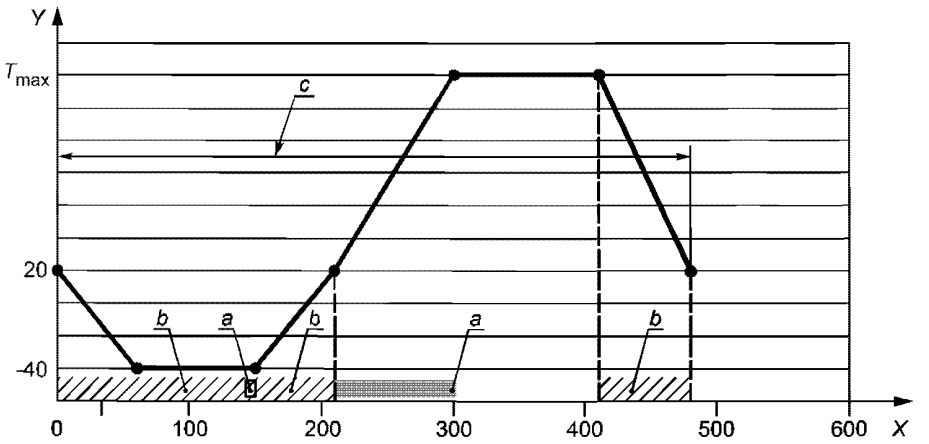
Применение метода средневзвешенного контроля в соответствии с ГОСТ 30630.1.9 должно быть согласовано.

Подвергают испытываемое устройство во время испытания на вибрацию испытанию температурным циклом в соответствии с электрическим режимом работы в соответствии с ГОСТ Р 51369. В качестве альтернативы можно согласовать испытание при постоянной температуре.

Управляют тестируемым устройством электрически, как показано на рисунке 1, в момент T_{min}(краткий функциональный тест, который проводится после того, как тестируемое устройство полностью достигнет T_{min}). Данное функциональное испытание должно быть настолько кратким, чтобы была возможность проверить правильность работы испытываемого устройства. Это сводит к минимуму самонагрев тестируемого устройства. Дополнительная электрическая операция испытываемого устройства в интервале между 210 мин и 410 мин цикла показана на рисунке 1.

Дополнительное осушение воздуха в испытательной камере не допускается.

В транспортном средстве вибрационное напряжение может возникать при чрезвычайно низких или высоких температурах; по этой причине взаимное влияние механического температурного напряжения моделируется и в тесте. Механизм отказа представляет собой, например, деформацию полимерной детали системы или компонента из-за высокой температуры и, вследствие этого, невозможности противостоять вибрационному ускорению.



Y — температура, °С; *X* — время, мин;
a — режим работы 3.2 в соответствии с ПНСТ 411—2020;
b — режим работы 2.1 в соответствии с ПНСТ 411—2020; *c* — один цикл.

Рисунок 1 —Температурный профиль для вибрационных испытаний

Таблица 1 — Температура в зависимости от времени для вибрационных испытаний

Время, мин	Температура, °С
0	20
60	– 40
150	– 40
210	20
300	T_{max}*
410	T_{max}*
480	20
* См. ПНСТ (2) 414—2020.	

4.1.2 Испытания

4.1.2.1 Испытание I. Легковой автомобиль, двигатель

4.1.2.1.1 Назначение

Данное испытание предназначено для проверки устройства на предмет возникновения отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Вибрации поршневого двигателя можно разделить на два вида: синусоидальная вибрация, возникающая из-за неуравновешенных массовых сил в цилиндрах, и случайный шум из-за вибрации других деталей двигателя, возникающих, например, при закрытии клапанов. В диапазоне низких частот от 10 до 100 Гц учитывается влияние условий неровной дороги. С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

Примечание — Дорожный профиль обычно оказывает незначительное влияние на компоненты, установленные на двигателе. Ударные воздействия эффективно изолированы подвеской и системами крепления двигателя.

Профили испытаний, указанные в следующих пунктах, применяются к нагрузкам, создаваемым (четырехтактными) поршневыми двигателями.

Примечание — Если проверяемое устройство должно быть испытано на определенный резонансный эффект, то также может быть применено испытание на устойчивость к резонансу в соответствии с ГОСТ 28203.

4.1.2.1.2 Испытания

4.1.2.1.2.1 Общие положения

Это испытание необходимо выполнить как вибрационное испытание в смешанном режиме в соответствии с ГОСТ 31419.

Примечание — Длительность испытания основана на А.4. Температура в камере выше комнатной температуры (RT) в конце испытания (2.75 температурного цикла).

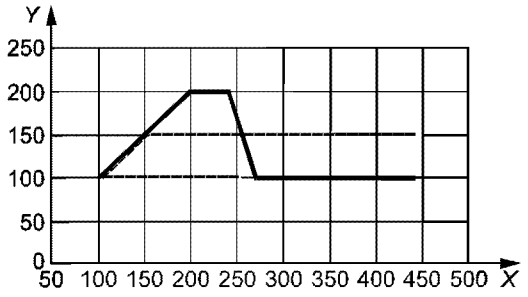
4.1.2.1.2.2 Синусоидальная вибрация

Выполняют испытание в соответствии с ГОСТ 28203, но с использованием скорости развертки ≤ 0,5 октавы/мин. Продолжительность испытания должна составлять 22 ч для каждой плоскости проверяемого устройства.

Для тестируемого устройства, предназначенного для монтажа на двигателях с пятью или менее цилиндрами, используют кривую 1, указанную на рисунке 2 и в таблице 2.

Для испытания устройства, предназначенного для монтажа на двигателях с 6 или более цилиндрами, используют кривую 2, указанную на рисунке 2 и в таблице 2.

Обе кривые могут быть объединены для охвата всех типов двигателей в одном испытании.



Y — амплитуда ускорения, м/с^2; X — частота, Гц;

——— кривая 1 (≤ 5 цилиндров)

– – – – – – – кривая 2 (> 5 цилиндров)

Рисунок 2 — Кривые тяжести вибрации

Таблица 2 — Значения для максимального ускорения в зависимости от частоты

Частота, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2
Кривая 1	
100	100
200	200
140	200
270	100
440	100
Кривая 2	
100	100
150	150
440	150
Комбинация	
100	100
Кривая 1	
150	150
200	200
240	200
255	150
440	150

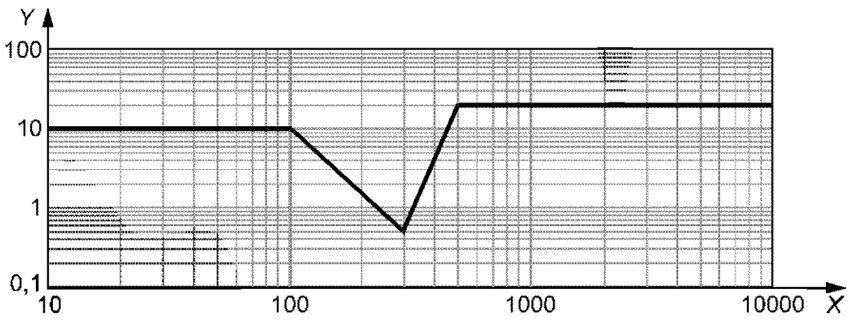
4.1.2.1.2.3 Случайная вибрация

Выполняют испытание в соответствии с ГОСТ 30630.1.9. Продолжительность испытания должна составлять 22 ч для каждой плоскости проверяемого устройства.

Значение среднеквадратичного ускорения должно составлять 181 м/с^2.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты указаны на рисунке 3 и в таблице 3.

Примечание — Значения спектральной плотности мощности (случайная вибрация) уменьшаются в частотном диапазоне теста синусоидальной вибрации.



Y — спектральная плотность мощности, (м/с^2)^2/Гц;

X — частота, Гц.

Рисунок 3 — Спектральная плотность мощности ускорения в зависимости от частоты

Таблица 3 — Значения частоты и спектральная плотность мощности

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
10	10
100	10
300	0,51
500	20
2000	20

4.1.2.1.3 Технические требования

Отказы или неисправности возникать не должны.

Функциональное состояние А (см. ПНСТ 411) требуется в режиме работы 3.2, как определено в ПНСТ 411, и функциональное состояние С в периоды с другими режимами работы.

4.1.2.2 Испытание II. Легковой автомобиль, коробка перемены передач

4.1.2.2.1 Назначение

Данное испытание предназначено для проверки коробки перемены передач на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Вибрации коробки перемены передач можно разделить на два вида, которые возникают из-за синусоидальной вибрации от неуравновешенных массовых сил двигателя (например, доминирующих порядков) в диапазоне частот от 100 до 440 Гц и вибрации от трения зубчатых колес и других элементов. В диапазоне самых низких частот от 10 до 100 Гц учитывается влияние условий неровной дороги. Основным недостатком, который можно определить с помощью этого испытания, является поломка, вызванная усталостью.

Профили испытаний, указанные в следующих подпунктах, применяются к нагрузкам, вызванным вибрациями коробки передач. Смена передач может создать дополнительный механический удар и должна рассматриваться отдельно.

4.1.2.2.2 Испытание

4.1.2.2.2.1 Общие положения

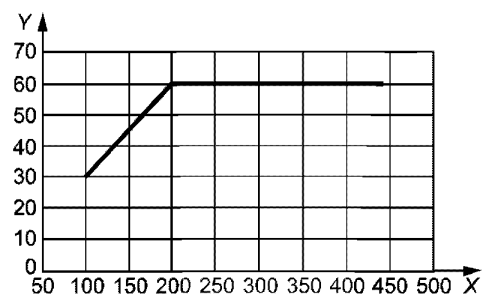
Это испытание необходимо выполнить как испытание на вибрацию в смешанном режиме в соответствии с ГОСТ Р 53189.

Примечание — Длительность испытания определяется в соответствии с разделом А.4. В конце испытания (2.75 температурных цикла) температура в камере повышается относительно комнатной температуры.

4.1.2.2.2.2 Синусоидальная вибрация

Выполните испытание в соответствии с ГОСТ 28203, но с использованием скорости развертки ≤ 0,5 октавы/минуту. Используйте продолжительность теста 22 ч для каждой плоскости проверяемого устройства.

Амплитуда в зависимости от частоты показана на рисунке 4 и в таблице 4.



Y — амплитуда ускорения, $м/с^2$; X — частота, Гц.

Рисунок 4 — Ускорение в зависимости от частоты

Таблица 4 — Значения частоты и ускорения

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
100	30
200	60
440	60

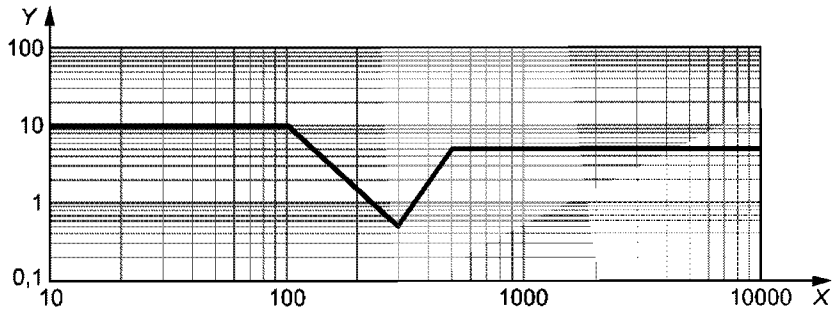
4.1.2.2.2.3 Случайная вибрация

Выполняют испытание в соответствии с ГОСТ 30630.1.9. Продолжительность испытания должна составлять 22 ч для каждой плоскости проверяемого устройства.

Среднеквадратичное значение ускорения должно составлять 96,6 $м/с^2$.

Примечание — Значения спектральной плотности мощности (случайная вибрация) уменьшаются в частотном диапазоне теста синусоидальной вибрации.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты указана на рисунке 5 и в таблице 5.



Y — спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$;

X — частота, Гц.

Рисунок 5 — Спектральная плотность мощности ускорения в зависимости от частоты

Таблица 5 — Значения частоты и спектральная плотность мощности

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
10	10
100	10
300	0,51
500	5
2000	5

4.1.2.2.3 Технические требования

В режиме работы 3.2 должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411), а в других режимах работы должно достигаться функциональное состояние класса С. Отказы или неисправности возникать не должны.

4.1.2.3 Испытание III. Легковой автомобиль, гибкий впускной трубопровод

4.1.2.3.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки устройства на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Это испытание применимо к оборудованию, которое должно быть установлено на гибком впускном трубопроводе и/или подключено к источнику воздушных пульсаций (например, гибкому впускному коллектору).

Вибрации являются синусоидальными и в основном вызваны пульсацией проходящего воздуха.

Примечание — При установке тестируемого устройства в другой зоне (например, на кузове автомобиля) подсоединение тестируемого устройства с трубкой к впускному коллектору приводит к вибрационной нагрузке, вызванной пульсацией воздуха.

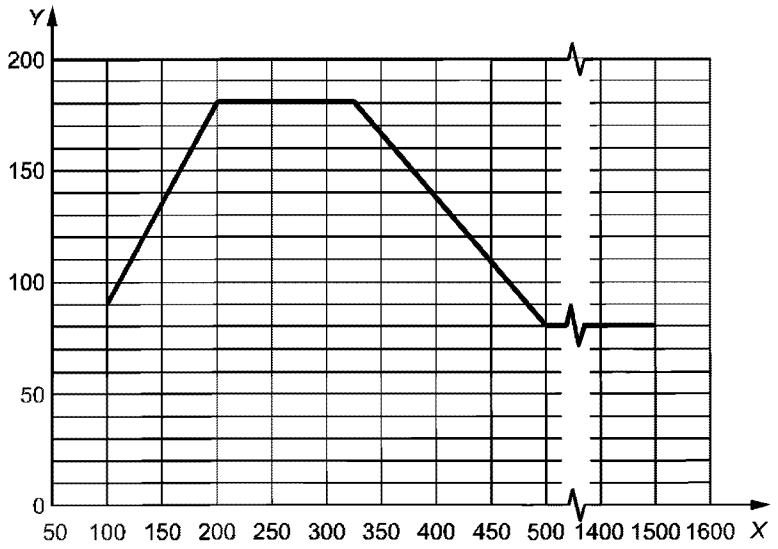
С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

4.1.2.3.2 Испытание

Выполните испытание в соответствии с синусоидальной вибрацией, следует использовать скорость развертки ≤ 0,5 октавы/мин. Продолжительность испытания должна составлять 22 ч для каждой плоскости проверяемого устройства.

Примечание — Длительность испытания в соответствии с разделом А.4. Температура в камере в конце испытания выше комнатной температуры (2.75 температурных цикла).

Амплитуда в зависимости от частоты указана на рисунке 6 и в таблице 6.



Y — спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$;
X — частота, Гц.

Рисунок 6 — Максимальное ускорение в зависимости от частоты

Таблица 6 — Значения для ускорения и частоты

Частота, Гц	Амплитуда ускорения, $м/с^2$
100	90
200	180
325	180
500	80
1500	80

4.1.2.3.3 Технические требования

В соответствии с ПНСТ 411 в режиме работы 3.2 функциональное состояние должно быть А. При других режимах работы функциональное состояние должно быть С.

4.1.2.4 Испытание IV. Легковой автомобиль, подрессоренные массы (кузов транспортного средства)

4.1.2.4.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки подрессоренных масс на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Вибрация кузова — это случайная вибрация, возникающая при движении по неровной дороге. С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

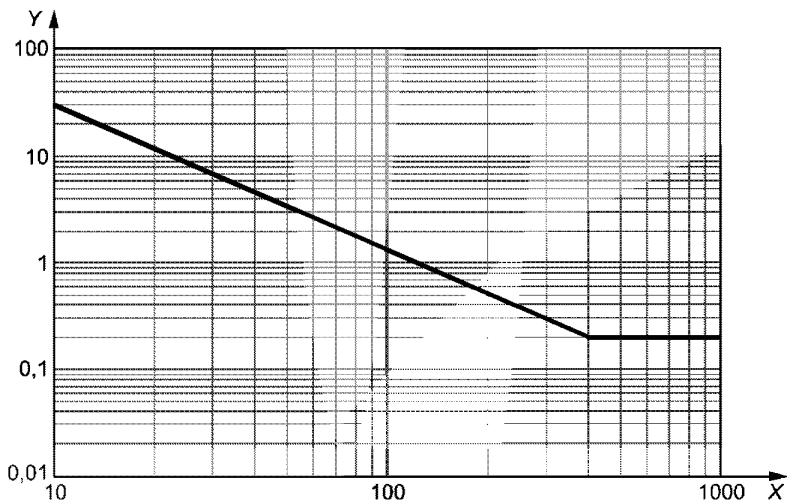
4.1.2.4.2 Испытание

Выполняют испытание случайной вибрацией в соответствии с ГОСТ 30630.1.9.Продолжительность испытания должна составлять 8 ч для каждой плоскости проверяемого устройства.

Значение среднеквадратичного ускорения должно составлять 27,1 м/с^2.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты указана на рисунке 7 и в таблице 7.

Примечание — Длительность испытания в соответствии с разделом А.5 (приложение А).



Y — спектральная плотность мощности, (м/с^2)^2/Гц;
X — частота, Гц.

Рисунок 7 — Спектральная плотность мощности ускорения в зависимости от частоты

Таблица 7 — Значения для спектральной плотности мощности и частоты

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, (м/с^2)^2/Гц
10	30
400	0,2
1000	0,2

4.1.2.4.3 Техническое требование

В режиме работы 3.2 должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411), а в других режимах работы должно достигаться функциональное состояние класса С. Отказы или неисправности возникать не должны.

4.1.2.5 Испытание V. Легковой автомобиль, неподрессоренные массы (колесо, подвеска колеса)

4.1.2.5.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки неподрессоренной массы на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Вибрация неподрессоренных масс — это случайная вибрация, вызванная движением по неровной дороге. С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

Нагрузки с частотами ниже 20 Гц не охватываются профилем испытаний, указанным здесь. На практике высокие амплитуды могут возникать ниже 20 Гц; следовательно, нагрузки, действующие на тестируемое устройство в этом диапазоне частот, должны рассматриваться отдельно.

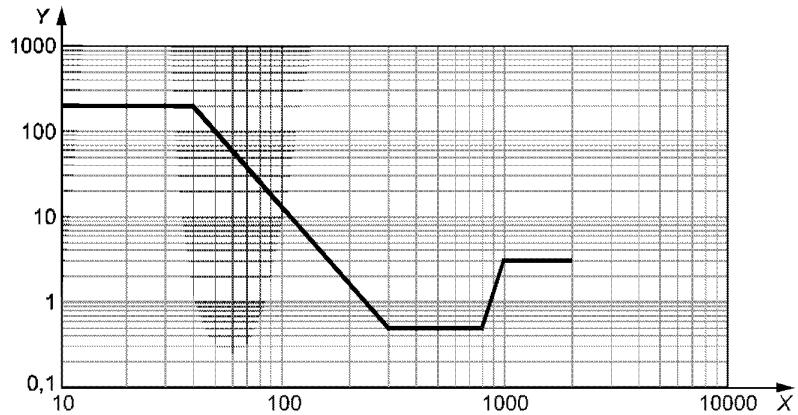
4.1.2.5.2 Испытание

Выполняют испытание случайной вибрации в соответствии с ГОСТ 30630.1.9. Продолжительность испытания должна составлять 8 ч для каждой плоскости устройства.

Значение среднеквадратичного ускорения должно составлять 107,3 м/с^2.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты указана на рисунке 8 и в таблице 8.

Примечание — Длительность испытания основана на А.5 (приложение А).



Y — спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$;
X — частота, Гц.

Рисунок 8 — Спектральная плотность мощности ускорения в зависимости от частоты

Таблица 8 — Значения для спектральной плотности мощности и частоты

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
20	200
40	200
300	0,5
800	0,5
1000	3
2000	3

4.1.2.5.3 Техническое требование

В режиме работы 3.2 должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411), а в других режимах работы должно достигаться функциональное состояние класса С. Отказы или неисправности возникать не должны.

4.1.2.6 Испытание VI. Коммерческое транспортное средство, двигатель, коробка перемены передач

4.1.2.6.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки коммерческого транспортного средства, двигателя, коробки переменных передач на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Вибрации поршневого двигателя могут быть разделены на два вида: синусоидальная вибрация, которая возникает из-за неуравновешенных массовых сил, и случайный шум из-за вибрации других деталей двигателя, возникающих, например, при закрытии клапанов.

Поскольку коробка передач жестко прикреплена к двигателю, это испытание также можно использовать для систем/компонентов, установленных на коробке передач. Однако на данный момент недостаточно статистических данных для систем/компонентов, установленных на коробке передач.

С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

Если тестируемое устройство имеет собственные частоты ниже 30 Гц, должно проводиться дополнительное испытание продолжительностью 32 ч для всех критических плоскостей устройства.

4.1.2.6.2 Испытание

4.1.2.6.2.1 Общие положения

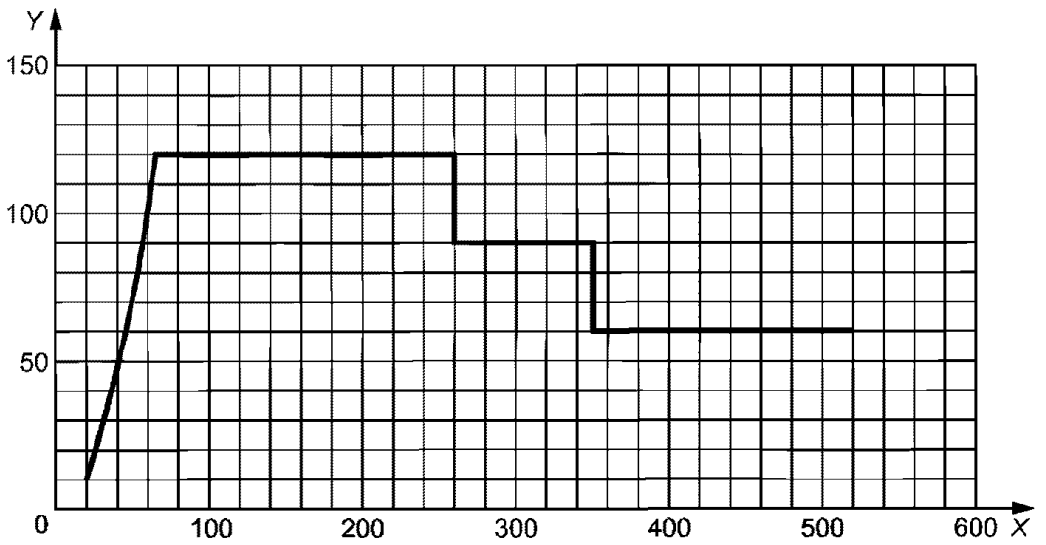
Это испытание необходимо выполнить как испытание на вибрацию в смешанном режиме в соответствии с ГОСТ 31419.

Примечание — В конце испытания (11.75 температурных цикла) температура в камере повышается относительно комнатной температуры.

4.1.2.6.2.2 Синусоидальная вибрация

Выполнить испытание со скоростью изменения частоты ≤ 0,5 октавы/мин. Продолжительность испытания должна составлять 94 ч для каждой плоскости тестируемого устройства (эквивалентно приблизительно 20 ч на октаву). Это эквивалентно 10^7 циклам в резонансе в случае ширины полосы резонанса 100 Гц или более (см. таблицу А.2.).

Амплитуда в зависимости от частоты упоминается на рисунке 9 и в таблице 9.



Y — амплитуда ускорения, м/с^2; *X* — частота, Гц.

Рисунок 9 — Максимальное ускорение в зависимости от частоты

Таблица 9 — Значения для максимального ускорения и частота

Частота, Гц	Амплитуда смещения, мм	Амплитуда ускорения, м/с^2
20	0,72	(11,4)
65	0,72	120
260	—	120
260	—	90
350	—	90
350	—	60
520	—	60

4.1.2.6.2.3 Случайная вибрация

Выполняют испытание в соответствии с ГОСТ 30630.1.9.

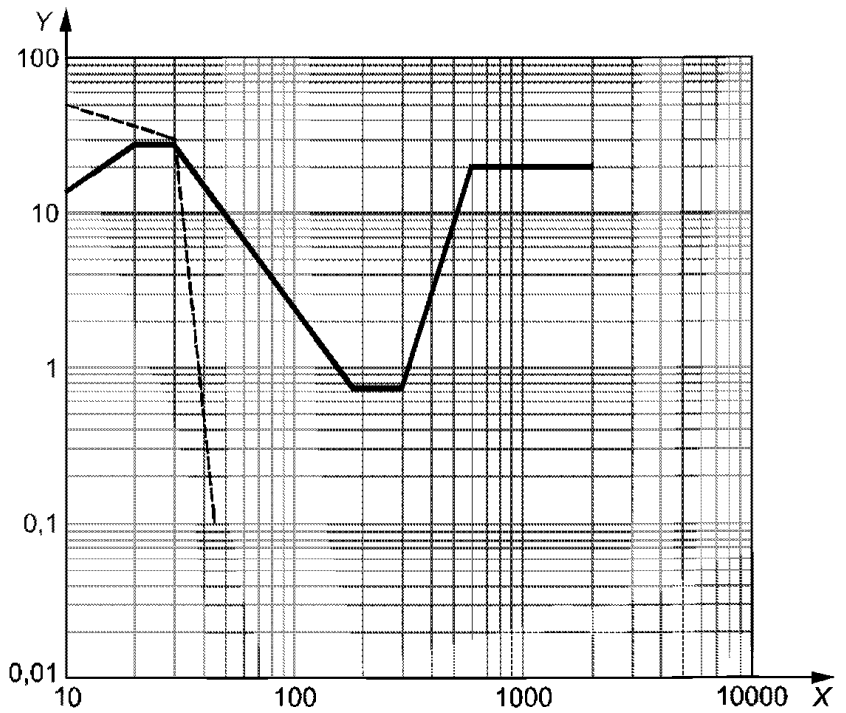
Продолжительность испытания:

- 94 ч для каждой плоскости испытываемого устройства (см. рисунок 10 и таблицу 10),

- 32 ч дополнительно для каждой критической плоскости испытываемого устройства (для собственных частот ниже 30 Гц) (см. таблицу 11).

Примечание — Значения спектральной плотности мощности (случайная вибрация) уменьшаются в частотном диапазоне теста синусоидальной вибрации.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты указана на рисунке 10 и в таблицах 10 и 11.



Y — спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$; X — частота, Гц;

——— стандартный случайный тестовый профиль;

------ дополнительный профиль в случае f_n<30 Гц.

Рисунок 10 — Спектральная плотность мощности ускорения в зависимости от частоты

Таблица 10 — Значения спектральной плотности мощности и частоты

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
10	14
20	28
30	28
180	0,75
300	0,75
600	20
2000	20
Примечание — Значение среднеквадратического ускорения = 177 $м/с^2$.	

Таблица 11 — Значения спектральной плотности мощности и частоты

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
10	50
30	30
45	0,1
Примечание — Значение среднеквадратического ускорения = 28,6 $м/с^2$.	

Примечание — При значении собственной частоты испытываемого устройства f_n < 30 Гц необходимо проведение дополнительного испытания.

4.1.2.6.3 Техническое требование

Отказы или неисправности возникать не должны.

В режиме работы 3.2 (см. ПНСТ 411) функциональное состояние должно быть А. При других режимах работы функциональное состояние должно быть С.

4.1.2.7 Испытание VII. Коммерческий автомобиль, подрессоренные массы

4.1.2.7.1 Цель

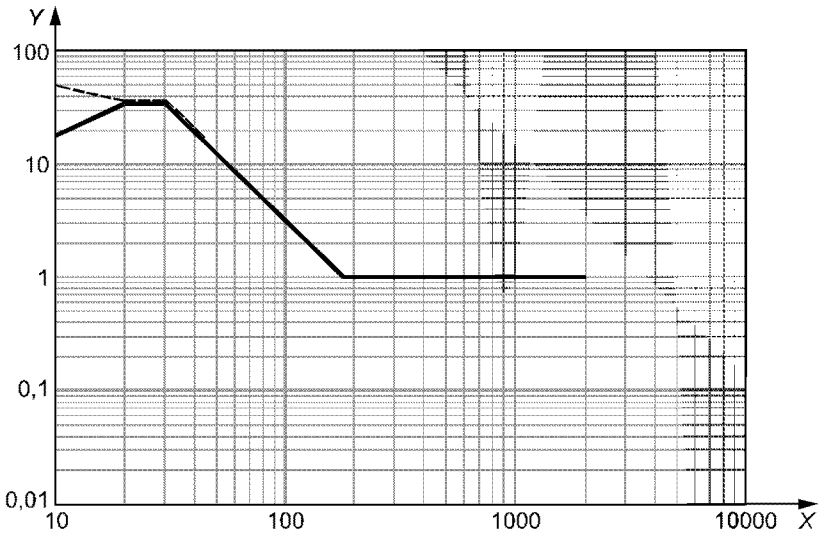
Данное испытание предназначено для проверки подрессоренных масс коммерческого автомобиля на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Вибрация подрессоренных масс — это случайная вибрация, возникающая при движении по неровной дороге. Основным дефектом, который можно определить с помощью этого испытания, является поломка из-за усталости.

4.1.2.7.2 Испытание

Выполните испытание случайной вибрацией в соответствии с ГОСТ 30630.1.9. Продолжительность испытания должна составлять 32 ч для каждой плоскости устройства.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты указана на рисунке 11 и в таблицах 12 и 13.



Y — спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$; X — частота, Гц;

стандартный случайный тестовый профиль;

дополнительный профиль в случае f_n < 30 Гц.

Рисунок 11 — Спектральная плотность мощности ускорения в зависимости от частоты

Таблица 12 — Значения спектральной плотности мощности и частоты

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
10	18
20	36
30	36
180	1
2000	1
Примечание — Значение среднеквадратического ускорения — 57,9 $м/с^2$.	

Таблица 13 — Значения спектральной плотности мощности и частоты

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
10	50
20	36
30	36
45	16
Примечание — Значение среднеквадратического ускорения = 33,7 $м/с^2$.	

Примечание — При значении собственной частоты испытываемого устройства $f_п$< 30 Гц необходимо проведение дополнительного испытания.

4.1.2.7.3 Технические требования

Отказы или неисправности возникать не должны.

В режиме работы 3.2, в соответствии с ПНСТ 411, должно достигаться функциональное состояние класса А, а в других режимах работы должно достигаться функциональное состояние класса С.

4.1.2.8 Испытание VIII. Коммерческий автомобиль с отделенной кабиной

4.1.2.8.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки подрессоренных масс коммерческого автомобиля с отделенной кабиной на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Вибрация в отделенной кабине коммерческого автомобиля — это случайная вибрация, возникающая при движении по неровной дороге.

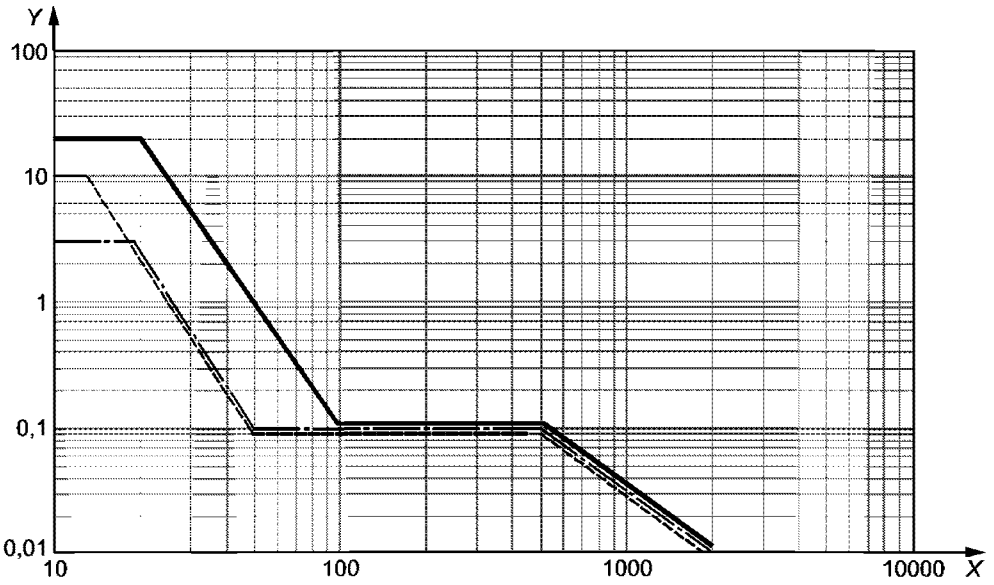
С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

4.1.2.8.2 Испытание

Выполняют испытание случайной вибрацией в соответствии с ГОСТ 30630.1.9.

Продолжительность испытания должна составлять 32 ч для каждой плоскости проверяемого устройства.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты указана на рисунке 12 и в таблице 14.



Y — спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$; *X* — частота, Гц:

вертикальная;

боковая;

продольная.

Рисунок 12 — Спектральная плотность мощности ускорения в зависимости от частоты

Таблица 14 — Значения спектральной плотности мощности и частоты

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$		
	Вертикальная	Боковая	Продольная
10	20	3	10
13	—	—	10
19	—	3	—
20	20	—	—
50	—	0,1	0,1
100	0,1	—	—
500	0,1	0,1	0,1
2000	0,01	0,01	0,01
Значение среднеквадратического ускорения	21,3 $м/с^2$	$м/с^2$	$м/с^2$

4.1.2.8.3 Техническое требование

В режиме работы 3.2 должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411), а в других режимах работы должно достигаться функциональное состояние класса С. Отказы или неисправности возникать не должны.

4.1.2.9 Испытание IX. Коммерческое транспортное средство, неподрессоренные массы

4.1.2.9.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки неподрессоренных масс коммерческого транспортного средства на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Вибрация на неподрессоренных массах — это вибрация, вызванная движением по неровной дороге. С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

4.1.2.9.2 Испытание

Выполняют испытание VII на случайную вибрацию, как описано в 4.1.2.7.2, и дополнительно испытание на синусоидальную вибрацию, описанное ниже.

Испытание на синусоидальную вибрацию проводят при комнатной температуре.

Испытание на синусоидальную вибрацию в соответствии с таблицей 15 описывает максимальные амплитуды ускорения на колесах и подвеске колес и соответствующие частоты. Если можно исключить собственные частоты тестируемого устройства ниже 40 Гц, испытание можно проводить с частотой испытания 35 Гц (см. рисунок 16), чтобы его можно было выполнить на электромеханическом испытательном стенде.

Таблица 15 — Значения максимального ускорения и частоты в случае минимальной собственной частоты испытываемого устройства < 40 Гц

Плоскость установки на транспортном средстве	Частота, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2	Продолжительность, мин	Количество циклов (прибл.)
Продольная, боковая	От 8 до 16	150	4	2800
	От 8 до 16	120	10	7000
	От 8 до 32	100	20	21000
Вертикальная	От 8 до 16	300	4	2800
	От 8 до 16	250	10	7000
	От 8 до 32	200	20	21000

Таблица 16 — Значения максимального ускорения и частоты в случае минимальной собственной частоты испытываемого устройства < 40 Гц

Плоскость установки на транспортном средстве	Частота, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2	Количество циклов (прибл.)
Продольная, боковая	35	150	2800
	35	120	7000
	35	100	21000
Вертикальная	35	300	2800
	35	250	7000
	35	200	21000

4.1.2.9.3 Техническое требование

В режиме работы 3.2 должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411), а в других режимах работы должно достигаться функциональное состояние класса С. Отказы или неисправности возникать не должны.

4.1.2.10 Испытание X. Легковой автомобиль, топливная рампа (бензиновый двигатель с системой непосредственного впрыска топлива)

4.1.2.10.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки легкового автомобиля и топливной рампы на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Вибрационная нагрузка на компоненты, установленные на раме, в основном зависит от резонансной частоты рамы. В зависимости от конструкции и монтажа частота резонанса может составлять примерно от 700 до 2000 Гц. С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

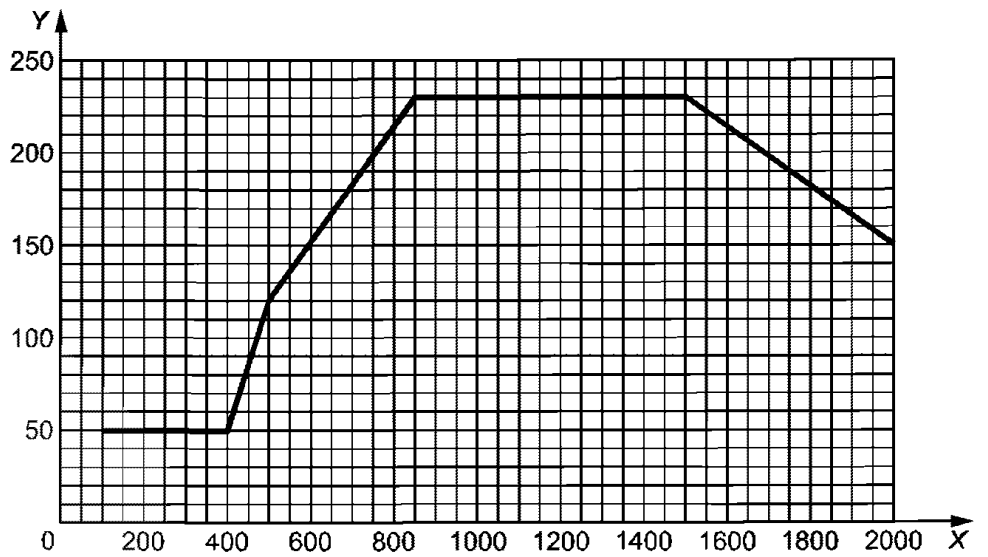
4.1.2.10.2 Испытание

4.1.2.10.2.1 Общие положения

Это испытание необходимо выполнить как вибрационное испытание в смешанном режиме в соответствии с ГОСТ 31419.

4.1.2.10.2.2 Синусоидальная вибрация

Выполнить испытание с использованием скорости изменения частоты ≤ 0,5 октавы/мин. Продолжительность испытания должна составлять 40 часов для каждой плоскости устройства. Амплитуда в зависимости от частоты указана на рисунке 13 и в таблице 17.



Y — амплитуда ускорения, м/с^2; *X* — частота, Гц.

Рисунок 13 — Ускорение в зависимости от частоты

Таблица 17 — Значения частоты и ускорения

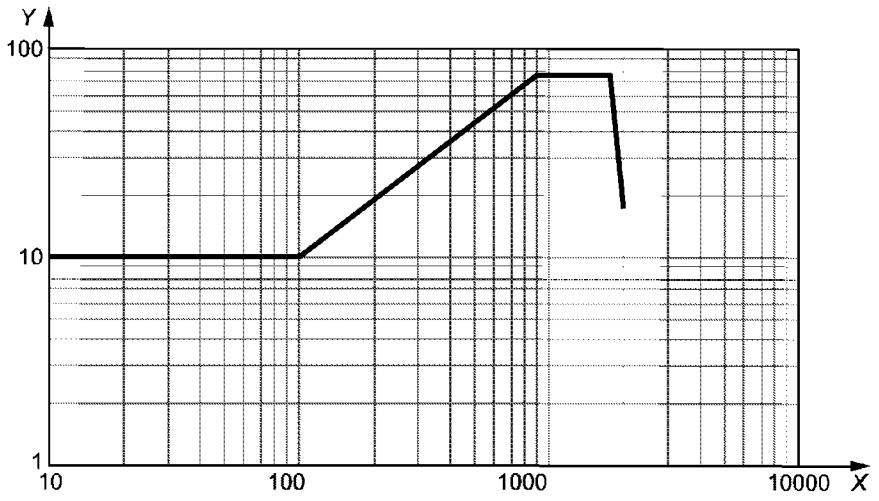
Частота, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2
100	50
400	50
500	120
850	230
1500	230
2000	150

4.1.2.10.2.3 Случайная вибрация

Выполняют испытание в соответствии с ГОСТ 30630.1.9. Продолжительность испытания должна составлять 40 ч для каждой плоскости устройства.

Значение среднеквадратического ускорения должно составлять 331 м/с^2.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты указана на рисунке 14 и в таблице 18.



Y — спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$;

X — частота, Гц.

Рисунок 14 — Спектральная плотность мощности ускорения в зависимости от частоты

Таблица 18 — Значения частоты и спектральная плотность мощности

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
10	10
100	10
900	75
1750	75
200	18

4.1.2.10.2.4 Технические требования

Не должны возникать отказы или неисправности.

В режиме работы 3.2 должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411), а в других режимах работы должно достигаться функциональное состояние класса С.

4.1.2.11 Испытание XI. Легковой автомобиль, впускной коллектор

4.1.2.11.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки впускного коллектора легкового автомобиля на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

На вибрацию компонентов впускного коллектора влияют резонансы коллектора и пульсация воздуха. Из-за этого существует разница между условиями на двигателе и коллекторе. Это испытание применимо для полимерных и металлических коллекторов.

С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

4.1.2.11.2 Испытание

4.1.2.11.2.1 Общие положения

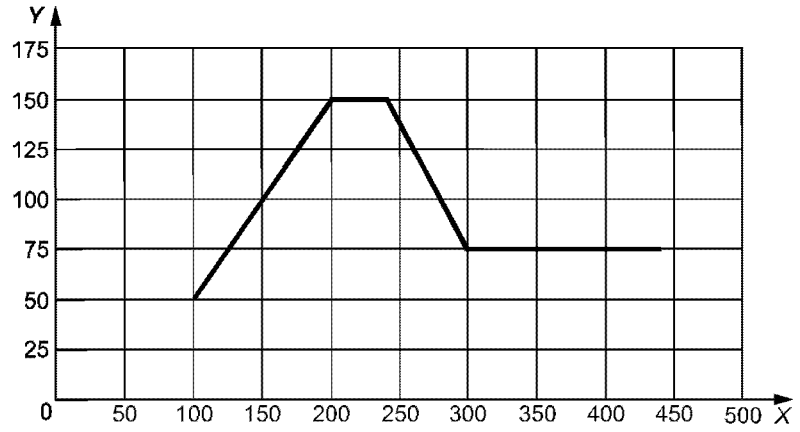
Это испытание необходимо выполнить как вибрационное испытание в смешанном режиме в соответствии с ГОСТ 31419.

Примечание — Длительность испытания основана на А.4 (приложение А). В конце испытания (2.75 температурных цикла) температура в камере повышается относительно комнатной температуры.

4.1.2.11.2.2 Синусоидальная вибрация

Выполнить испытание в соответствии с ГОСТ Р 53189 с использованием скорости изменения частоты ≤ 0,5 октавы/мин. Продолжительность испытания должна составлять 22 ч для каждой плоскости устройства.

Амплитуда в зависимости от частоты указана на рисунке 15 и в таблице 19.



Y — амплитуда ускорения, м/с^2; *X* — частота, Гц.

Рисунок 15 — Ускорение в зависимости от частоты

Таблица 19 — Значения частоты и ускорения

Частота, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2
100	50
150	100
200	150
240	150
300	75
440	75

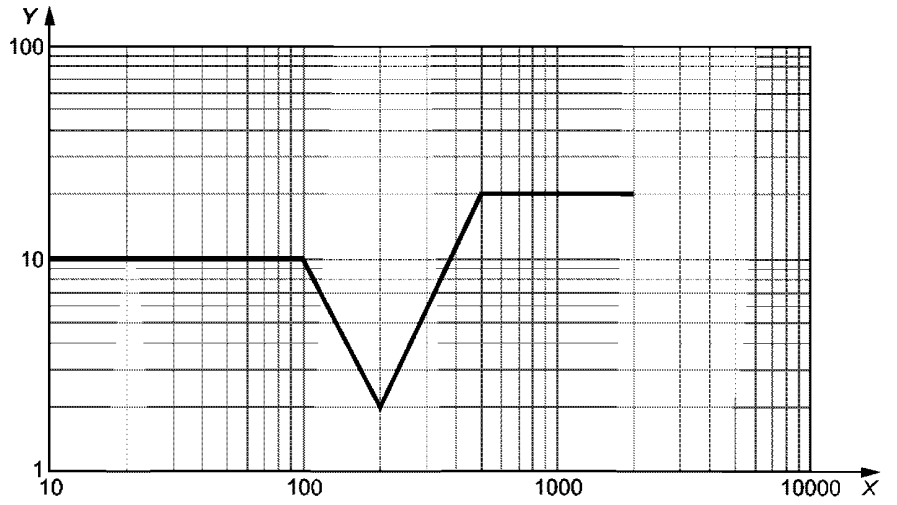
4.1.2.11.2.3 Случайная вибрация

Выполнить испытание в соответствии с ГОСТ 30630.1.9. Продолжительность испытания должна составлять 22 ч для каждой плоскости устройства.

Значение среднеквадратического ускорения должно составлять 184,5 м/с^2.

Примечание — Значения спектральной плотности мощности (случайная вибрация) уменьшаются в частотном диапазоне теста синусоидальной вибрации.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты указана на рисунке 16 и в таблице 20.



Y — спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$;
X — частота, Гц.

Рисунок 16 — Спектральная плотность мощности и ускорения в зависимости от частоты

Таблица 20 — Значения частоты и спектральной плотности мощности

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, $(м/с^2)^2/Гц$
10	10
100	10
200	2
500	20
2000	20

4.1.2.11.3 Технические требования

В режиме работы 3.2 должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411), а в других режимах работы должно достигаться функциональное состояние класса С. Отказы или неисправности возникать не должны.

4.1.2.12 Испытание XII. Легковой автомобиль, выпускная система

4.1.2.12.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки выпускной системы легкового автомобиля на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

На вибрацию компонентов, установленных на выпускной системе, влияют резонансы трубы и пульсация ее элементов. Этим может объясняться разница между условиями на двигателе и выпускной системе в зависимости, например, от расстояния между двигателем и местом установки.

С помощью данного испытания выявляются преимущественно усталостные отказы.

Необходимо выполнить следующие три теста:

- XIIa — выполняется для датчиков с собственными частотами > 1000 Гц;
- XIIb — выполняется для модулей, смонтированных перед элементом развязки;
- XIIc — выполняется для модулей, установленных за развязывающим элементом.

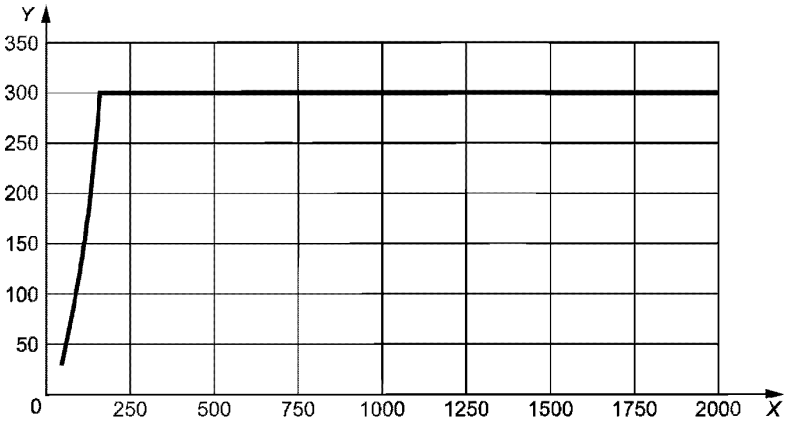
4.1.2.12.2 Условия испытаний

Условия испытаний XIIa: действительно для датчиков с собственной частотой > 1000 Гц.

Выполняют испытание со скоростью изменения частоты ≤ 0,5 октавы в мин. Продолжительность испытания должна составлять 50 часов для каждой плоскости проверяемого устройства. Это эквивалентно 5×10^6 циклам в резонансе в случае ширины полосы резонанса 100 Гц или более (см. таблицу А.2).

Амплитуда в зависимости от частоты указана на рисунке 17 и в таблице 21.

Температура окружающей среды: измеряется в автомобиле, в монтажной позиции, например, 600 °С.



Y — амплитуда ускорения, м/с^2; *X* — частота, Гц.

Рисунок 17 — Ускорение в зависимости от частоты

Таблица 21 — Частота и амплитуда

Частота, Гц	Амплитуда
50 до 160	0,3 мм
160 до 2000	300 м/с^2

Условия испытаний для XIIb: действительно для модулей, смонтированных перед элементом развязки

Испытуемое устройство должно быть проверено в соответствии с условиями для компонентов, установленных на двигателе.

Температура в камере должна быть согласована между потребителем и поставщиком.

Условия испытаний для XIIc: действительно для модулей, установленных за элементом развязки

Данное испытание предназначено для проверки устройства на предмет отказов и неисправностей, вызванных вибрацией.

Испытание — Общие условия для XIIc

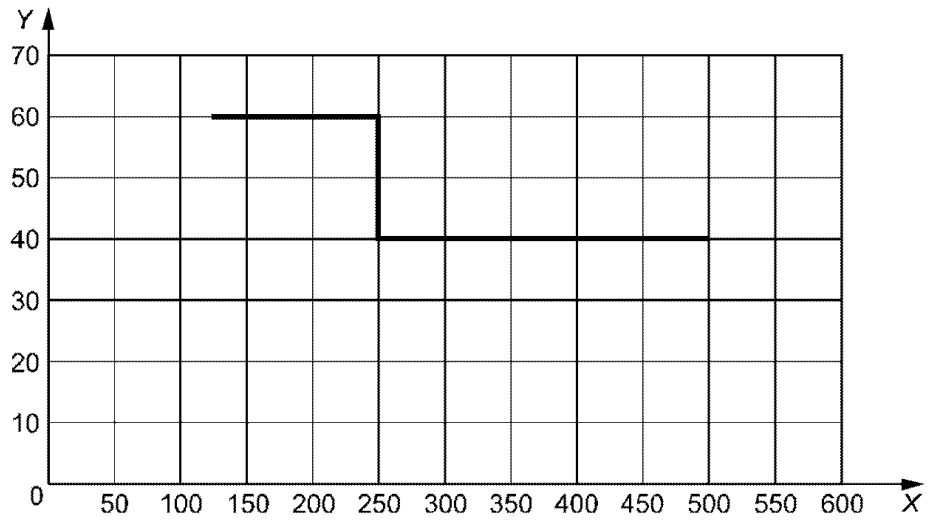
Это испытание необходимо выполнить как вибрационное испытание в смешанном режиме в соответствии с ГОСТ 31419.

Температура в камере должна быть согласована между потребителем и поставщиком.

Синусоидальная вибрация для XIIc

Выполняют испытание со скоростью изменения частоты ≤ 0,5 октавы/мин. Продолжительность испытания должна составлять 40 часов для каждой плоскости устройства.

Амплитуда в зависимости от частоты показана на рисунке 18 и в таблице 22.



Y — амплитуда ускорения, м/с^2; *X* — частота, Гц.

Рисунок 18 — Ускорение в зависимости от частоты

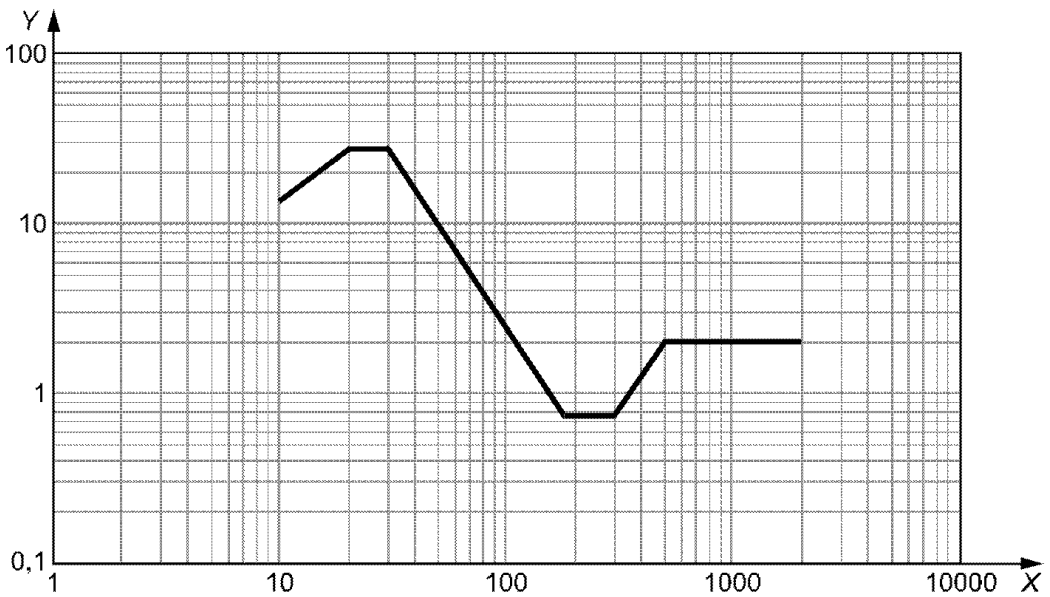
Таблица 22 — Значения частоты и ускорения

Частота, Гц	Амплитуда ускорения, м/с^2
От 125 до 250	60
От 250 до 500	40

Случайная вибрация для XIIc

Выполнить испытание в соответствии с ГОСТ 30630.1.9. Продолжительность испытания должна составлять 40 ч для каждой плоскости устройства. Значение среднеквадратического ускорения должно составлять 67,4 м/с^2.

Спектральная плотность мощности в зависимости от частоты показана на рисунке 19 и в таблице 23.



Y — спектральная плотность мощности, (м/с^2)^2/Гц;
X — частота, Гц.

Рисунок 19 — Спектральная плотность мощности ускорения в зависимости от частоты

Таблица 23 — Значения частоты и спектральная плотность мощности

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, (м / с^2)^2 / Гц
10	14
20	28
30	28
180	0,75
300	0,75
500	2
2000	2

4.1.2.12.3 Технические требования

В режиме работы 3.2 должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411), а в других режимах работы должно достигаться функциональное состояние класса С. Отказы или неисправности возникать не должны.

4.2 Испытания на механический удар

4.2.1 Проверка устройств, находящихся на дверях и стойках или внутри них

4.2.1.1 Цель

Данное испытание предназначено для проверки устройств на предмет отказов и неисправностей, вызванных ударом при закрытии двери.

Нагрузка возникает на стойках при закрытии двери. Режим отказа — это механическое повреждение (например, отсоединенный конденсатор внутри корпуса электронного модуля управления из-за высоких ускорений, возникающих при закрытии двери).

4.2.1.2 Испытание

Для проведения испытаний необходимо выбрать соответствующее место установки из указанных в таблице 24, и выполнить испытание в соответствии с ГОСТ Р 51371:

- режим работы испытываемого устройства: 1.2 по ПНСТ 411;
- форма удара (форма импульса): полусинусоидальная.

Испытуемое устройство должно быть закреплено на вибростенде в направлении, обеспечивающем эффект ускорения в том же направлении, что и при использовании транспортного средства.

Таблица 24 — Количество ударов

Место установки устройства	Профиль удара 1	Профиль удара 2
	500 м/с^2; 11 м/с	300 м/с^2; 6 м/с
Водительская дверь, грузовая дверь	13000	100 000
Пассажирские двери	6000	50 000
Крышка багажника, задняя дверь	2400	30 000
Крышка капота	720	3000

4.2.1.3 Технические требования

Отказы или неисправности возникать не должны. Должно достигаться функциональное состояние класса С (см. ПНСТ 411).

4.2.2 Испытание устройств при ударах кузова и рамы

4.2.2.1 Назначение

Данное испытание предназначено для проверки устройства на предмет отказов и неисправностей, вызванных ударами кузова и рамы.

Нагрузка возникает, например, при движении по бордюрному камню на высокой скорости. Режим отказа — это механическое повреждение (например, отсоединенный конденсатор внутри корпуса электронного модуля управления, возникающего из-за высокого значения ускорения).

4.2.2.2 Испытание

Выполнить испытание в соответствии с ГОСТ Р 51371:

- режим работы испытываемого устройства: 3.2 (см. ПНСТ 411);
- форма импульса: полусинусоидальная;
- ускорение: 500 м/с^2;
- длительность: 6 мс;
- количество ударов: 10 на каждое направление испытаний.

Направление ускорения вследствие удара в ходе испытания должно совпадать с направлением удара на транспортном средстве. Если направление воздействия неизвестно, то проверяемое устройство должно быть испытано во всех шести пространственных направлениях.

4.2.2.3 Технические требования

Должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411). Отказы или неисправности возникать не должны.

4.2.3 Проверка устройств, установленных на коробке перемены передач или внутри нее

4.2.3.1 Назначение

Данное испытание предназначено для проверки устройства на предмет отказов и неисправностей, вызванных ударом при переключении передач.

Данное испытание применимо к устройству, предназначенному для установки на коробке перемены передач или внутри нее.

Нагрузки возникают во время переключения передач посредством пневматического привода. Режим отказа — это механическое повреждение (например, отсоединенный конденсатор внутри корпуса электронного модуля управления из-за высоких ускорений, вызванных переключениями передач с пневматическим приводом).

4.2.3.2 Испытание

Выполнить испытание в соответствии с ГОСТ Р 51371:

- режим работы испытываемого устройства: 3.2 (см. ПНСТ 411);
- форма импульса: полусинусоидальная;
- типичное максимальное ускорение:
- для коммерческих транспортных средств: 3 000 м/с^2 (в отдельных случаях до 50 000 м/с^2),
- для легковых автомобилей: по согласованию между заказчиком и поставщиком;
- типичная продолжительность: <1 мс;
- температура: по согласованию между заказчиком и поставщиком;
- количество ударов: по согласованию между заказчиком и поставщиком.

Вышеупомянутые значения параметров для коммерческих транспортных средств встречаются, в основном, при использовании механизма переключения передач с пневматическим приводом (150000 операций переключения передач являются типичными, если установлена система переключения диапазона).

Фактические ускорения, возникающие от ударных нагрузок, зависят как от места установки коробки перемены передач, так и от ее конструктивных особенностей, поэтому их следует определять с помощью соответствующих измерений (рекомендуемая частота дискретизации: не менее 25 кГц). Испытание должно быть согласовано между изготовителем и пользователем.

Направления ускорения из-за удара в испытании должно совпадать с направлением ускорения удара, происходящим в транспортном средстве. Если направление ускорения неизвестно, тестируемое устройство должно быть проверено во всех шести пространственных направлениях.

4.2.3.3 Технические требования

Должно достигаться функциональное состояние класса А (см. ПНСТ 411). Отказы или неисправности возникать не должны.

4.3 Испытания на удар, возникающий при свободном падении

4.3.1 Назначение

Данное испытание предназначено для проверки устройства на предмет отказов и неисправностей, вызванных свободным падением.

Система или компонент могут упасть на пол во время их монтажа, например, на производственной линии производителя автомобилей. Если система или компонент в результате падения получили заметные повреждения, их заменяют. Если они не имеют видимых повреждений, их устанавливают

на автомобиль, и тогда они должны сохранять свою работоспособность. Режим отказа — это механическое повреждение (например, отсоединенный конденсатор внутри корпуса электронного модуля управления из-за высоких ускорений, возникающих в момент контакта испытываемого устройства с поверхностью после свободного падения.

4.3.2 Испытание

Испытаниям не должны подвергаться компоненты, целостность которых с высокой вероятностью будет нарушена в результате падения (например, фары). Комплектующие, которые могут выдержать падение без видимых повреждений, должны проверяться следующим образом.

Выполняют последовательность испытаний, используя следующие параметры испытаний:

- количество испытуемых устройств — три;
- количество падений одного испытуемого устройства — два;
- высота падения — 1 м свободного падения, либо высота, согласованная изготовителем и потребителем;
- поверхность, на которую падает устройство — бетонная поверхность или стальная плита;
- ориентация испытуемого устройства: для первого падения каждого испытуемого устройства необходимо произвольно выбрать одну из его размерных осей (но разную для трех испытуемых устройств), а для второго падения — выбрать ту же размерную ось, но падение осуществить на противоположную сторону корпуса устройства;
- режим работы испытуемого устройства — 1.1 по ПНСТ 411;
- температура должна быть согласована между изготовителем и потребителем.

Испытуемое устройство должно быть визуально осмотрено после падения.

4.3.3 Техническое требование

Скрытые повреждения не допускаются. Незначительные повреждения корпуса допускаются, если они не влияют на работоспособность и производительность испытываемого устройства. После испытания должна быть доказана его надлежащая работа.

Должно достигаться функциональное состояние класса С.

4.4 Испытания на поверхностную прочность и устойчивость к царапинам и истиранию

Испытания и технические требования должны быть согласованы между изготовителем и потребителем (например, ярлыки и маркировка на элементах управления и ключах должны оставаться видимыми).

4.5 Испытания на воздействие гравием

Данное испытание предназначено для проверки устройства к воздействию гравия (на открытых местах монтажа, например, на передней части транспортного средства).

5 Кодовые буквы для механических нагрузок

Кодирование испытаний и требований к механическим нагрузкам в соответствии с таблицей 25.

6 Документация

Для документации должны использоваться обозначения, указанные в ПНСТ 411.

Таблица 25 — Кодирование испытаний и требований

Техническое требование																	
Раздел	4.1.2.1.2.2	4.1.2.1.2.3	4.1.2.2	4.1.2.3	4.1.2.4	4.1.2.5	4.1.2.6.2.2	4.1.2.6.2.3	4.1.2.7	4.1.2.8	4.1.2.9	4.1.2.10	4.1.2.11	4.1.2.12	5.2.1	5.2.1	4.2.2	5.3
Кодовая буква	Испытание I синусоидальный сигнал	Испытание I случайный сигнал	Испытание II	Испытание III	Испытание IV	Испытание V	Испытание VI синусоидальный сигнал	Испытание VI случайный сигнал	Испытание VII	Испытание VIII	Испытание IX	Испытание X	Испытание XI	Испытание XII	Механический удар Уровень серьезности 1	Механический удар Степень тяжести 2	Механический удар	Свободное падение
A	Кривая 1	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да
B	Кривая 2	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да
C	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да
D	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да
E	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	Да
F	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	—	—	Да
G	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	—	Да
H	—	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да
I	—	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	Да
J	—	—	—	—	—	—	Да	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да
K	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	—	Да
L	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	Да	Да
M	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	Да	—	—	Да
N	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	Да	—	Да
O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	Да
P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	—	Да
Q	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Да	—	—	—	—	—	—	Да	Да

Окончание таблицы 25

Раздел	Кодовая буква	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Техническое требование										По согласованию между производителем и потребителем
4.1.2.1.2.2	Испытание I синусоидальный сигнал	—	—		—	—		—	—	
4.1.2.1.2.3	Испытание I случайный сигнал	—	—		—	—		—	—	
4.1.2.2	Испытание II	—	—		Да	—		—	—	
4.1.2.3	Испытание III	—	—		—	—		—	—	
4.1.2.4	Испытание IV	—	—		—	—		—	—	
4.1.2.5	Испытание V	—	—		—	—		—	—	
4.1.2.6.2.2	Испытание VI синусоидальный сигнал	—	—		—	—		—	—	
4.1.2.6.2.3	Испытание VI случайный сигнал	—	—		—	—		—	—	
4.1.2.7	Испытание VII	—	—		—	—		—	—	
4.1.2.8	Испытание VIII	Да	—		—	—		—	—	
4.1.2.9	Испытание IX	—	—	Да	—	—		—	—	
4.1.2.10	Испытание X	—	—		—	—	Да	—	—	
4.1.2.11	Испытание XI	—	—		—	—		Да	—	
4.1.2.12	Испытание XII	—	—		—	—		—	Да	
5.2.1	Механический удар Уровень серьезности 1	Да	—		—	—		—	—	
5.2.1	Механический удар Степень тяжести 2	—	Да		—	—		—	—	
4.2.2	Механический удар	—	—	Да	—	—		—	—	
5.3	Свободное падение	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	

Приложение А
(справочное)

Руководство по разработке программы вибрационных испытаний

А.1 Область применения

Цель данного руководства — убедиться, что пользователь настоящего стандарта способен разработать программу вибрационных измерений воспроизводимым способом, избегая ошибок.

А.2 Общие положения

Программы испытаний профилей должны быть разъяснены с использованием рекомендованной документации.

Процесс создания программы описан в таблице Б.1 и таблице Б.2.

Таблица А.1 — Определения в программе испытаний

Предмет	Описание
Номинальная скорость	При номинальной скорости должна быть максимальная мощность двигателя
Ось транспортного средства	X': направление движения Y': ось, перпендикулярная направлению движения и вертикальной оси Z': вертикальная ось
Ось двигателя	X: продольная ось коленчатого вала Y: ось, перпендикулярная продольной оси коленчатого вала и направлению движения поршня Z: направление движения поршня

В таблице А.1 перечислены некоторые основные определения, используемые для оценки измерений транспортного средства при создании программы вибрационных испытаний.

Таблица А.2 — Разработка программы для вибрационных испытаний

Предмет	Документация	Рекомендуемая документация/ параметры	Комментарии
	Описание транспортного средства	Технические данные (например, мощность, максимальное число оборотов, номинальная скорость, расположение двигателя, вид двигателя, число цилиндров и др.)	—
Установка на двигателе	Граничные условия	Динамометр и/или дорога	Полная нагрузка Примечание — Есть основания считать, что более высокие значения вибрации могут возникать при торможении двигателем
Установка на коробке перемены передач			
Установка на кузове		Описание полигона/испытательного трека	—
		Типы дорожного покрытия (например, «бельгийская мостовая», «стиральная доска», шумосоздающий участок, ...)	—
		Скорость движения	—

Продолжение таблицы А.2

Предмет	Документация	Рекомендуемая документация/ параметры	Комментарии
Сбор данных о транспортном средстве	Частота дискретизации	≥ 2,5 раза от f_{max}	f_{max} = предел частоты для оценки
	Длина блока, b	≥ 2к	—
	Разрешение	НЗБ < 0,1 от максимального значения	НЗБ — наименее значимый бит
	Техника и методы фильтрации	Фильтр сглаживания при f_{max} > 48 дБ/октаву, фильтр верхних частот (f_{filter} < f_{min}) во избежание смещения	—
	Увеличение оборотов двигателя	Скорость увеличения оборотов двигателя, например 3000 мин$^{-1}$/мин	Если обороты двигателя возрастают слишком быстро, существующие резонансы могут не обнаруживаться
	Разрешение по частоте, Δf	Необходимо убедиться, что разрешение по частоте выше, чем разница частоты возбуждения при изменении скорости вращения двигателя. В противном случае значения FFT будут неправильными. Пример: дельта f = 1 Гц приводит к длине окна 1 с. Однако при скорости изменения оборотов двигателя 1000 мин-1/мин в течение 1 с даже 4-й порядок будет охватывать более 1 Гц	$\Delta f = f_{sampling} / b$, например: 12 500 /2 048 = 6,1 Гц
	Температура	Температура охлаждающей жидкости, температура масла, температура испытываемого устройства (точка измерения на устройстве и его место установки)	Описание состояния двигателя и условий испытываемого устройства (особенно испытываемого устройства с эластичной подвеской)
Анализ данных	Регистрация пикового значения БПФ	Регистрация пикового значения	Определение точки отсчета для синусоидальных испытаний или синусоидальной части синусоидальных или случайных испытаний
	Регистрация пиковых значений и всех других спектров	Предоставление информации о значении амплитуды или среднеквадратическом значении	—
	Режим вывода информации в окна	Применение метода Хэнна для стационарных сигналов (переходный сигнал отсутствует)	—
		Отсутствие оконного представления для переходных сигналов (коэффициент амплитуды > 6)	—
	Значение среднеквадратичной скорости относительно времени	—	—

Окончание таблицы А.2

Предмет	Документация	Рекомендуемая документация/ параметры	Комментарии
Анализ данных	Характеристика сигнала (синусоидальная/ случайная часть сигнала)	Среднеарифметическое значение спектральной плотности мощности из временных интервалов с наибольшим среднеквадратическим значением	Определение точки отсчета для случайных испытаний или случайной части синусоидальных или случайных испытаний
		Схема водопада	—
		Автокорреляция для стационарных сигналов	.....
Разработка программы испытаний	Методы и процессы, используемые для разработки программы испытаний	Например, описать все ключевые моменты, включая сжатие данных (усреднение/метод огибающей)	—
	Методы и процедуры, используемые для определения или расчета продолжительности испытания	Объяснить предположения и модели, используемые для корреляции напряженности поля и срока службы с испытательным напряжением и продолжительностью, например с использованием значения M, основанного на наиболее критичном материале	Значение M представляет собой градиент кривой S/N. Расчет продолжительности испытания должен быть произведен с учетом распределения оборотов двигателя, как описано в разделе А.4 (приложение А). Если необходимо оценить усталостную прочность при синусоидальной вибрационной нагрузке, необходимо выполнить синусоидальное испытание продолжительностью 20 ч на октаву при условии ширины полосы резонанса ≥ 100 Гц. При выполнении испытания в смешанном режиме должна быть отдельно рассчитана продолжительность испытания для случайной нагрузки. В случае собственной частоты ≥ 500 Гц это будет эквивалентно продолжительности теста 70 ч. Длительность испытания смешанного режима будет выше обоих этих отдельно рассчитанных значений. Для других значений резонансной полосы частот необходимо провести отдельный расчет. Продолжительность испытания 20 ч на октаву использовалась, например, в 4.1.2.6.2.2
	Для компонентов, установленных на двигателе	Необходимо учесть распределение оборотов двигателя	—
	Для компонентов, закрепленных на кузове	Необходимо принять во внимание пробег при плохих дорожных условиях	—
	Обоснование методов. Процессы и инженерная оценка	.....	.....

Примечание — В некоторых случаях может быть полезно выполнить возбуждение в так называемом смешанном режиме с двумя или более синусоидами (высокая интенсивность на отдельных частотах может лучше соответствовать реальному напряжению, чем случайное возбуждение, например, для имитации эффектов вибрации ротора, но этот метод также позволяет одновременно возбуждать более одной собственной частоты).

А.3 Метод управления по среднему значению

Как правило, реакция испытываемого устройства (уровни отклика на собственных частотах) при его установке на транспортном средстве и на вибростоле различаются. Причина в различной жесткости крепления и разной динамической обратной связи для обоих случаев.

Для достоверного воспроизведения вибрационных испытаний в лабораторных условиях требуется, чтобы вибрационное оборудование было как можно более жестким, желательно намного более жестким, чем на транспортном средстве. Следует также учитывать, что точки крепления испытываемого устройства перпендикулярно сдвигаются по фазе на вибрационном креплении, тогда как точки крепления на транспортном средстве могут не сдвигаться по фазе на определенной собственной частоте испытываемого устройства. Причиной является более высокая жесткость испытательного оборудования по сравнению с креплением испытываемого оборудования на транспортном средстве.

Кроме того, блок управления вибрацией сводит к минимуму динамическую обратную связь испытываемого устройства во время испытания на вибрацию (ослабление возбуждения).

Это приводит к гораздо более высоким пикам отклика в случае резонанса во время испытания на вибростенде по сравнению с реакцией на транспортном средстве с аналогичным возбуждением, по крайней мере, для тяжелого и/или крупногабаритного испытываемого устройства.

Применение метода управления по среднему значению в соответствии с ГОСТ 30630.1.9 может потребоваться во избежание увеличения объема испытаний.

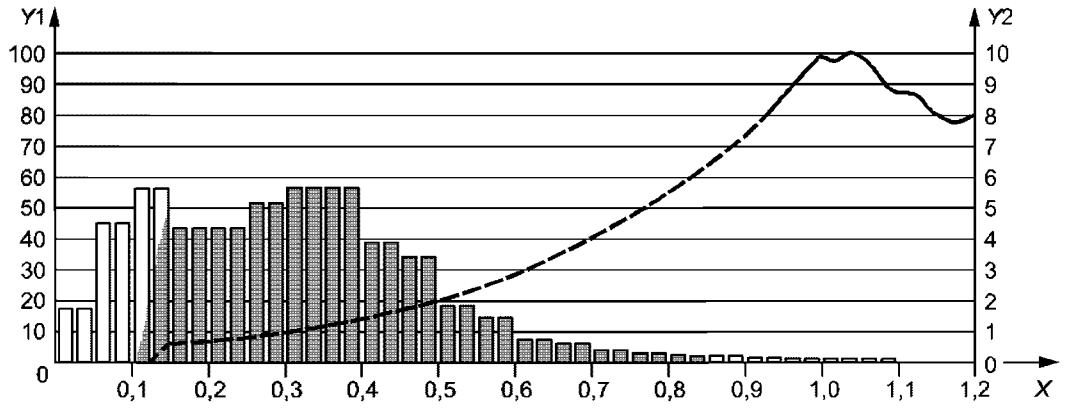
Примечание — Необходимо четко разделять два метода управления по среднему значению (стратегии многоточечного управления):

- управление по средневзвешенному значению из числа возбуждения и реакции испытываемого устройства; рекомендованный расчет средневзвешенного значения: усредненный контрольный сигнал = 3 × возбуждение + 1 × × реакция испытываемого устройства;
- управление по невзвешенному среднему значению из нескольких сигналов контрольной точки на креплении испытываемого устройства, каждый из которых рассчитан с одинаковым множителем.

Необходимо обеспечить, чтобы вибронагрузки в лаборатории были достаточно высокими для охвата условий реальной эксплуатации (например, путем измерения реакции испытываемого устройства и сравнения спектра или расчета на усталость).

А.4 Распределение числа оборотов двигателя

Существует общая зависимость между числом оборотов (мин$^{-1}$) и уровнем вибрации. Уровень вибрации увеличивается при увеличении скорости вращения (см. рисунок А.1 и таблицу А.3).



Y1, %, — число оборотов в минуту, нормализованное до $N_{nominal}$; Y2 — вероятность (средневзвешенное распределение числа оборотов двигателя); X — нормализованный уровень среднеквадратического значения ускорения;
——— — среднеквадратическое значение в зависимости от числа оборотов двигателя ≤ 0,9 $n_{nominal}$;
– – – – – – — среднеквадратическое значение в зависимости от числа оборотов двигателя > 0,9 $n_{nominal}$;
$N_{nominal}$ — номинальное число оборотов двигателя при максимальной мощности;
N_{max} — максимальное безопасное число оборотов двигателя.

Рисунок А.1 — Значение среднеквадратического ускорения и средневзвешенное распределение числа оборотов двигателя в зависимости от числа оборотов двигателя

Для усталостных испытаний достаточно рассмотреть диапазон числа оборотов с самыми высокими уровнями ускорения. Обычно это диапазон между $0{,}9n_{nominal}$ и n_{max}.

Для оценки продолжительности испытаний необходимо учитывать различное распределение числа оборотов двигателя и срок службы транспортного средства. Все известные распределения числа оборотов двигателя показывают, что диапазон числа оборотов двигателя от $0{,}9\ n_{nominal}$ до n_{max} обычно используется не очень часто.

Для настоящего стандарта были выбраны три распределения:

а) распределение оборотов двигателя, которое было опубликовано по результатам исследования 55 автомобилей на протяжении 70000 км в течение 10000 поездок;

Таблица А.3 — Уровень среднеквадратического ускорения и средневзвешенное распределение числа оборотов двигателя в зависимости от числа оборотов двигателя

$n/n_{nominal}$	Уровень среднеквадратического значения ускорения в зависимости от числа оборотов (нормализованный)	Число оборотов, процент вероятности при px_{severe} (высоком уровне серьезности)	Число оборотов, процент вероятности при px_{normal} (нормальном уровне серьезности)	Средневзвешенное число оборотов, процент вероятности $(20\ px_{severe} + 80\ px_{normal})/100$[a]
0,050	—	0,56 %	2,14 %	1,82 %
0,075	—	0,56 %	2,14 %	1,82 %
0,100	—	0,02 %	5,69 %	4,56 %
0,125	—	0,02 %	5,69 %	4,56 %
0,150	7,0 %	8,00 %	5,09 %	5,67 %
0,175	6,3 %	8,00 %	5,09 %	5,67 %
0,200	6,1 %	5,75 %	4,04 %	4,38 %
0,225	7,2 %	5,75 %	4,04 %	4,38 %
0,250	7,4 %	3,06 %	4,73 %	4,40 %
0,275	8,4 %	3,06 %	4,73 %	4,40 %
0,300	10 %	4,70 %	5,31 %	5,19 %
0,325	11 %	4,70 %	5,31 %	5,19 %
0,350	12 %	5,69 %	5,61 %	5,62 %
0,375	13 %	5,69 %	5,61 %	5,62 %
0,400	14 %	5,06 %	5,72 %	5,59 %
0,425	15 %	5,06 %	5,72 %	5,59 %
0,450	17 %	3,95 %	3,85 %	3,87 %
0,475	18 %	3,95 %	3,85 %	3,87 %
0,500	20 %	3,23 %	3,48 %	3,43 %
0,525	22 %	3,23 %	3,48 %	3,43 %
0,550	24 %	2,26 %	1,71 %	1,82 %
0,575	26 %	2,26 %	1,71 %	1,82 %
0,600	29 %	1,56 %	1,39 %	1,42 %
0,625	31 %	1,56 %	1,39 %	1,42 %
0,650	34 %	1,34 %	0,55 %	0,71 %
0,675	36 %	1,34 %	0,55 %	0,71 %
0,700	39 %	1,20 %	0,39 %	0,55 %
0,725	42 %	1,20 %	0,39 %	0,55 %

Окончание таблицы А.3

$n/n_{nominal}$	Уровень среднеквадратического значения ускорения в зависимости от числа оборотов (нормализованный)	Число оборотов, процент вероятности при px_{severe} (высоком уровне серьезности)	Число оборотов, процент вероятности при px_{normal} (нормальном уровне серьезности)	Средневзвешенное число оборотов, процент вероятности (20 px_{severe} + + 80 px_{normal})/100[a]
0,750	46 %	1,00 %	0,19 %	0,35 %
0,775	50 %	1,00 %	0,19 %	0,35 %
0,800	54 %	0,79 %	0,09 %	0,23 %
0,825	59 %	0,79 %	0,09 %	0,23 %
0,850	63 %	0,57 %	0,03 %	0,14 %
0,875	67 %	0,57 %	0,03 %	0,14 %
0,900	72 %	0,40 %	0,01 %	0,08 %
0,925	77 %	0,40 %	0,01 %	0,08 %
0,950	84 %	0,31 %	0,00 %	0,06 %
0,975	90 %	0,31 %	0,00 %	0,06 %
1,000	98 %	0,22 %	0,00 %	0,04 %
1,025	96 %	0,22 %	0,00 %	0,04 %
1,050	100 %	0,19 %	0,00 %	0,04 %
1,075	92 %	0,19 %	0,00 %	0,04 %
1,100	86 %	0,06 %	0,00 %	0,01 %
1,125	85 %	0,06 %	0,00 %	0,01 %
1,150	79 %	0,04 %	0,00 %	0,01 %
1,175	77 %	0,04 %	0,00 %	0,01 %
1,200	79 %	0,02 %	0,00 %	0,00 %
1,225	79 %	0,02 %	0,00 %	0,00 %
Примечание — Накопленное средневзвешенное распределение числа оборотов ($n > 0,9\ n_{nominal}$) составляет 0,5 %; продолжительность испытания 22 ч соответствует 4 400 ч на транспортном средстве.				

б) распределение оборотов двигателя в высоком диапазоне, которое было зафиксировано во время испытаний транспортных средств с целью достижения очень высоких рабочих температур двигателя; поэтому транспортные средства двигались в очень высоком диапазоне оборотов двигателя;

в) средневзвешенное распределение по результатам испытаний, включающих: испытания с уровнем серьезности нагрузки = 80 %, испытания с уровнем серьезности нагрузки = 20 %.

Режим работы двигателя в диапазоне оборотов от 0,9 $n_{nominal}$ до n_{max} в эксплуатации занимает только 0,5 % времени. Таким образом, испытания продолжительностью 22 ч по каждой оси компонента соответствуют примерно 4 400 ч срока службы на транспортном средстве, что эквивалентно пробегу 176 000 км со средней скоростью 40 км/ч.

Принимая во внимание другие распределения сроков службы, пробегов, числа оборотов двигателя, инженеру-испытателю разрешается пропорционально изменять продолжительность испытания.

Примечание — В зависимости от требуемого срока службы и требуемого распределения оборотов двигателя результат расчета в соответствии с показанным методом может привести к очень большой продолжительности испытания. Рекомендуемая максимальная продолжительность испытаний по практическим соображениям составляет 100 ч на ось. Для большинства вибрационных сред за это время легко достигается эквивалентное усталостное повреждение. В целом должен быть достигнут предел усталости для коммерческого транспорта.

В большинстве случаев приведенный метод применим для легковых автомобилей.

Должна отслеживаться классификация типов транспортных средств и/или продолжительность срока службы до его окончания

А.5 Расчет усталости

А.5.1 Пример для легковых автомобилей с несущим кузовом (подрессоренные массы)

Проверка условия достаточности восьмичасового испытания на случайную вибрацию для оценки напряжений, возникающих на транспортном средстве в течение его срока службы.

Примечание — В качестве примера измерения и расчеты были выполнены на электронном блоке управления (ЭБУ). Представленные методы не ограничены ни ЭБУ, ни компонентами, установленными на кузове.

А.5.2 Процедура

Измеряют вибрации на транспортном средстве на испытательном треке (неровности дороги) и во время испытания на случайную вибрацию на ЭБУ, вибрация должна осуществляться, по меньшей мере, в двух точках измерения: одной — в месте установки ЭБУ (вход или возбуждение), и одной — для измерения реакции на печатной плате.

Определяют распределения нагрузки на печатной плате с помощью метода подсчета циклов (см. А.5.5, А.5.6 и рисунок А.2) в течение времени измерения.

Выбирают срок службы транспортного средства и «процент плохих дорог» (оба являются выбираемыми параметрами).

Рассчитывают ожидаемое распределение нагрузки на печатную плату путем умножения результата подсчета в каждом классе на коэффициент:

- продолжительности испытания/времени измерения во время испытания;
- срока службы транспортного средства, умноженного на процент плохих дорог/время измерения на транспортном средстве.

Новые распределения нагрузки используют для расчета предела усталости, который соответствует повреждению 1.

Эти гипотезы основаны на:

- кривой Велера — модификация Хайбаха;
- «гипотезе Палмгрена-Майнера о линейном накоплении повреждений» (см. А.5.7 и рисунок А.3.)

Примечания

1 В соответствии с современным уровнем техники с этого момента будут учитываться только расчеты в форме модификации Хайбаха. Это означает, что низкие уровни ускорения также вносят вклад в сумму повреждений. В заключение, результаты выбранного примера показывают, что напряжение, возникающее в результате испытания длительностью 8 ч, примерно в 1,6 (1,23—2,02) раза выше, чем напряжение на транспортном средстве в течение 5 400 ч на испытательном треке. Подобные измерения и расчеты проводились в течение многих лет (> 20) и во многих приложениях. Результаты всегда были одинаковыми и подтвердили достаточность длительности испытания 8 ч.

2 Сравнение выбранных испытательных треков и измерений на выбранных неровных дорогах общего пользования показывает, что условия испытательных треков намного более суровы, чем условия плохих дорог общего пользования.

3 Выбранные параметры: срок службы транспортного средства — 6000 ч, по неровной дороге осуществляется 90 % пробега, — являются худшим сочетанием. Обычно в программу испытаний включают менее 50 % пробега по неровной дороге.

А.5.3 Параметры испытания

Испытательное оборудование: электродинамический вибростенд.

Крепежная сборка: ЭБУ надежно закреплен на вибростенде.

Контрольная точка: на шейкере.

Направление: С, перпендикулярно печатной плате.

Значение среднеквадратичного ускорения: 33 м/с^2.

Спектры испытаний: см. таблицу А.4.

Таблица А.4 — Пример испытания на случайную вибрацию, параметры

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности, (м/с^2)^2/Гц*
10	20
30	20
200	0,5
1000	0,1
Примечание — выбранный спектр несколько отличается от спектра, описанного в разделе 4.1.2.4.2. При резонансе ЭБУ (около 600 Гц) разница незначительна.	

А.5.4 Результат

- распределение нагрузки по времени измерения 19,91 с, рассчитанное для восьмичасового испытания,
- распределение нагрузки от времени измерения 3,69 с на неровной дороге (дорожные неровности, 50 км/ч), рассчитано на 5 400 ч (срок службы транспортного средства 6 000 ч, пробег по неровной дороге 90 %).

Таблица А.5 — Результаты испытаний на случайную вибрацию

Классы ускорения a_i и количество циклов n_i в каждом классе во время испытания на случайную вибрацию в течение 8 ч		Классы ускорения a_i и количество циклов n_i в каждом классе при движении по неровной дороге в течение 5 400 ч	
a_i (м/с^2)	n_i	a_i (м/с^2)	n_i
403,4	6509	129,4	2 636 719
377,4	9402	112,7	2 636 719
351,3	18 082	104,4	7 910 156
325,3	43 396	96,04	5 273 438
299,3	104 150	87,69	7 910 156
273,3	203 237	79,34	7 910 156
247,2	434 680	70,99	7 910 156
221,2	721 815	62,64	18 457 031
195,2	1 160 835	54,28	10 546 875
169,2	1 595 516	45,93	47 460 938
143,1	2 104 692	37,58	84 375 000
117,1	2 438 116	29,23	152 929 688
91,09	2 606 636	20,88	271 582 031
65,06	2 345 538	12,53	690 820 313

Таблица А.6 — Краткие результаты расчета усталости для различных моделей напряжений в зависимости от количества циклов нагрузки (S/N)

Число усталостных циклов модели S/N	наклон «k» S/N граф	Гипотезы	Расчетный уровень усталости для испытания на случайную вибрацию (12 моделей S/N)	Требуемый уровень усталости при движении по неровной дороге 5400 ч (12 «S/N модели»)	Сравнение
2 000 000	3,5	Хайбаха	250	165	Ок
	5	Хайбаха	246	144	Ок
	7	Хайбаха	252	136	Ок
	10	Хайбаха	267	132	Ок
10 000 000	3,5	Хайбаха	173	126	Ок
	5	Хайбаха	187	118	Ок
	7	Хайбаха	205	116	Ок
	10	Хайбаха	229	117	Ок
50 000 000	3,5	Хайбаха	112	91	Ок
	5	Хайбаха	137	93	Ок
	7	Хайбаха	164	97	Ок
	10	Хайбаха	196	102	Ок

А.5.5 Определение распределения нагрузки по измеренной циклограмме

Между двумя переходами через ноль находится один максимум.

В каждом классе (уровень ускорения) подсчитывается количество максимумов за время измерения.

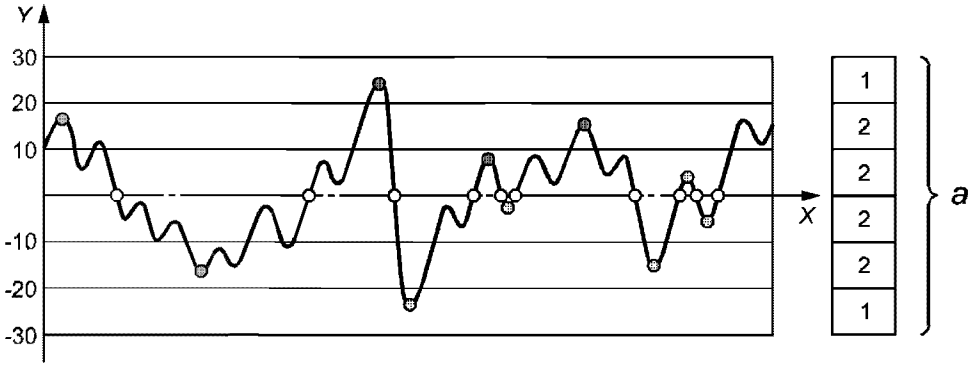
Результат этого метода подсчета дает количество полупериодов для каждого класса или, другими словами, распределение нагрузки из измеренной циклограммы.

Распределение нагрузки для продолжительности испытания достигается с использованием коэффициента (время теста / время измерения) для каждого класса (например, 8 ч × 3 600 с / ч / 19,9 с = 1 446).

Распределение нагрузки по сроку службы транспортного средства достигается с помощью коэффициента (срок службы автомобиля × процент неровных дорог ÷ время измерения) для каждого класса (например, 6 000 ч × × 0,9 × 3 600 с / ч ÷ 3,69 с = 5 268 293).

Примечание — Определение распределения нагрузки выполняется для точек измерения на испытываемом устройстве.

Этот простой метод применим только в случае одной доминирующей моды резонанса тестируемого устройства. В противном случае сигнал времени должен быть подготовлен до начала расчета. Например, фильтрация должна выполняться отдельно для каждого режима, соответствующего слабой точке испытываемого устройства. Например, уведомление о слабых точках может быть получено в результате пошаговых стресс-тестов.



Y — класс, м/с^2; *X* — время, с;

a — количество полупериодов в каждом классе.

Рисунок А.2 — Метод подсчета для распределения нагрузки

А.5.6 Расчет предела усталости

Для определения предела усталости a_D должна быть выбрана одна модель S/N, описываемая наклоном *k* и числом усталости N_D.

После этого выбирается любое начальное значение для a_D.

По выбранной модели S/N можно рассчитать количество циклов до отказа $N_{(i)}$ для каждого уровня ускорения $a_{(i)}$ и соответствующего номера цикла $n_{(i)}$.

Согласно правилу *Palmgren/Miners*, частичное повреждение на каждом уровне $a_{(i)}$: $s_{(i)} = n_{(i)} / N_{(i)}$.

Совокупное повреждение равно $S = \Sigma s_{(i)}$.

Повреждение происходит по определению для $S \geq 1$.

При произвольно выбранном начальном значении для a_D повреждение будет менее 1.

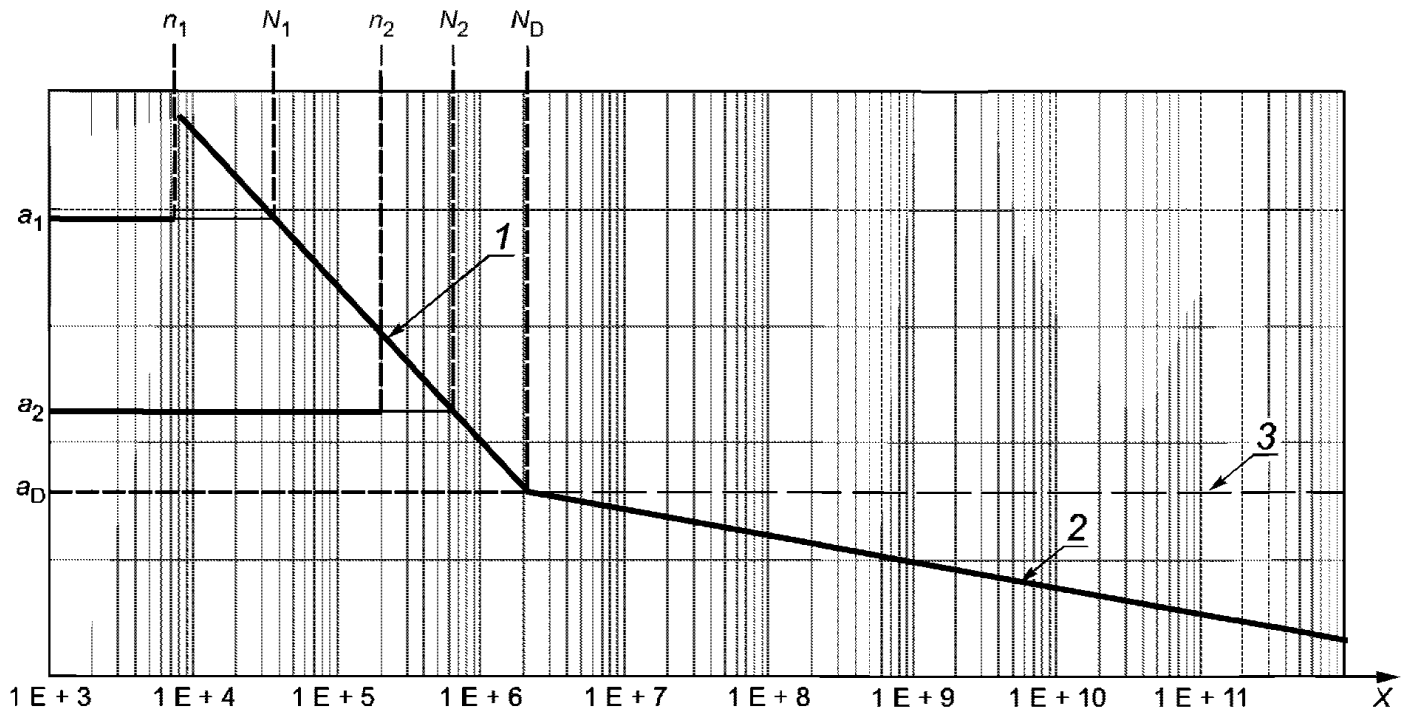
Посредством итерации значение a_D изменяется, пока не произойдет повреждение «1».

Без обширных исследований и экспериментов невозможно оценить репрезентативность выбранной модели S/N.Поэтому имеет смысл охватить широкий диапазон для каждого параметра S/N (например, взяв значения из специализированной литературы). В настоящее время используются двенадцать моделей («гипотеза Хайбаха», «4 склона *k*» и «3 цикла ND предельной усталости»).

Примечание — «Оригинал Майнера» больше не используется, поскольку в соответствии с этим ускорением уровни ниже, чем a_D, не влияют на совокупное повреждение. Согласно современным знаниям, использование «модификации Хайбаха» более репрезентативно.

Степень репрезентативности данных моделей реальным условиям эксплуатации различна. Следует ожидать, что, по меньшей мере, одна из этих 12 моделей относительно репрезентативна. Однако даже в противном случае это не оказывает существенного влияния на качество сравнения натурных и стендовых испытаний, если используется одна и та же модель или одни и те же предположения, поскольку при сравнении некоторые из неточных предположений компенсируются.

Если все 12 значений a_D, полученные при стендовых испытаниях, выше полученных на транспортном средстве, то нагрузка на транспортном средстве считается допустимой. Распределение нагрузки из выбранного примера и соответствующего графика S/N (одна модель) показаны в таблице А.5 и на рисунке А.3.



1 — наклон *k*; *2* — гипотеза Хайбаха, наклон 2*k*-1; *3* — оригинал Майнера;
X — количество циклов. $S = \sum (n_i / N_i) \leq 1$

Рисунок А.3 — Гипотезы Палмгрен-Майнера — линейное накопление повреждения «S»

Пример этой методологии приведен в таблице А.6 и на рисунке А.4.

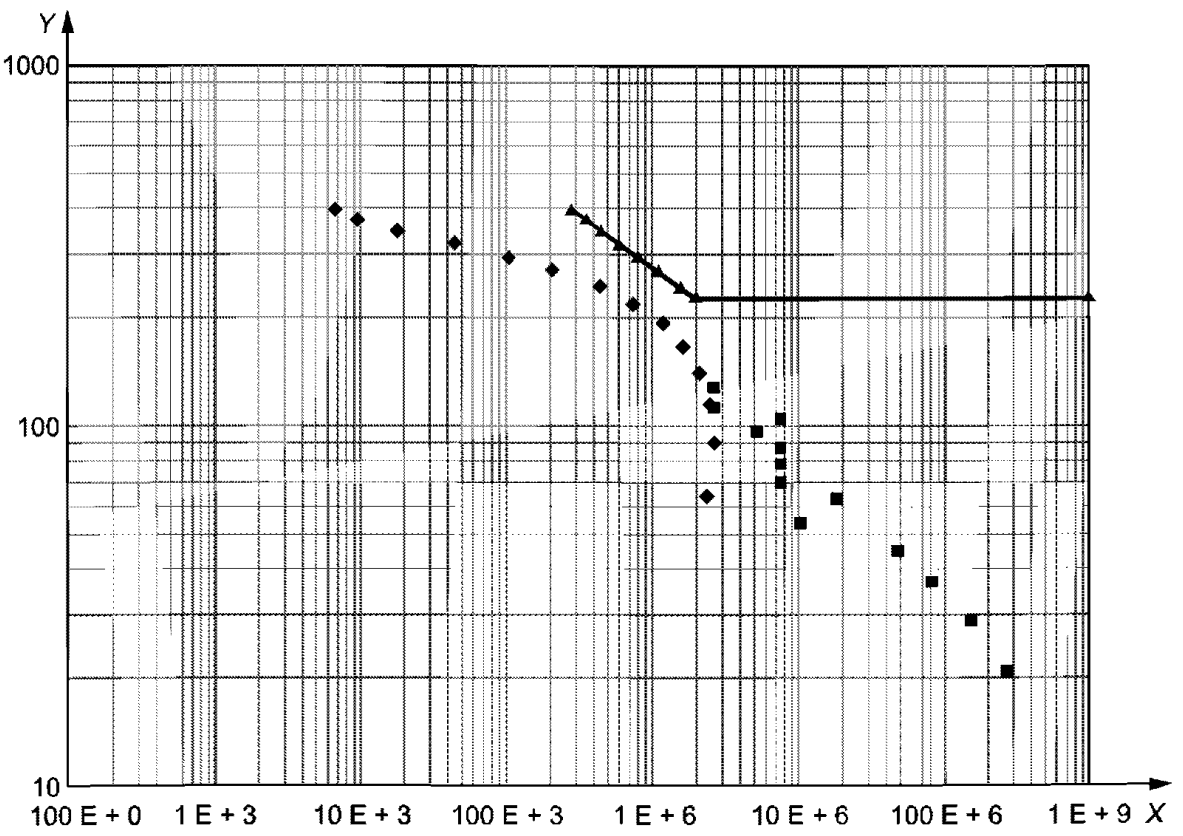
Таблица А.7 — Сравнение распределения нагрузки при испытании на случайную вибрацию и при одном измерении в реальных условиях

Случайное вибрационное испытание (8 ч)		Соответствующий «график S/N» ($2x10^6$; $k = 5$; $a_D = 229$ м/с^2)		Измерение на транспортном средстве; дорожные неровности (5 400 ч)	
ускорение, [м/с^2]	циклы, (n)	ускорение, [м/с^2]	количество циклов S/N	ускорение, [м/с^2]	циклы, (n)
403,40	6 509	403,4	276 718	129,40	2 636 719
377,40	9 402	377,4	349 387	112,70	2 636 719
351,30	18 082	351,3	448 993	104,40	7 910 156
325,30	43 396	325,3	587 650	96,04	5 273 438
299,30	104 150	299,3	786 574	87,69	7 910 156
273,30	203 237	273,3	1 081 121	79,34	7 910 156
247,20	434 680	247,2	1 536 185	70,99	7 910 156
221,20	721 815	229,0	2 000 000	62,64	18 457 031
195,20	1 160 835	229,0	1 000 000 000	54,28	10 546 875
169,20	1 595 516	—	—	45,93	47 460 938
143,10	2 104 692	—	—	37,58	84 375 000
117,10	2 438 116	—	—	29,23	152 929 688

Окончание таблицы А.7

Случайное вибрационное испытание (8 ч)		Соответствующий «график S/N» ($2x10^6$; $k = 5$; $a_D = 229$ м/с^2)		Измерение на транспортном средстве; дорожные неровности (5 400 ч)	
ускорение, [м/с^2]	циклы, (n)	ускорение, [м/с^2]	количество циклов S/N	ускорение, [м/с^2]	циклы, (n)
91,09	2 606 636	—	—	20,88	271 582 031
65,06	2 345 538	—	—	12,53	690 820 313
39,04	1 823 343	—	—	4,176	3 158 789 063

Примечание — Необходимо изменить таблицу и график; расчет показан для кривой Майнера (не для Хайбаха).



Y — ускорение; *X* — циклов;

◆ — испытание на случайную вибрацию (8 ч);

■ — измерение на транспортном средстве;

▬◆▬ — соответствующий график Уолера для испытания на случайную вибрацию ($2x10^6$; $k = 5$; $a_D = 229$ м / с^2).

Рисунок А.4 — Распределение нагрузки и кривая S/N для одной модели

Приложение Б
(справочное)

Рекомендуемые механические требования к оборудованию в зависимости от места установки

Таблица Б.1 — Место установки

Место установки	Рекомендуемые испытания и технические требования (кодовая буква; см. таблицу 25)
	Легковые автомобили
Моторный отсек	
на кузове	D, K
на раме	K, L
на гибком впускном трубопроводе с нежестким креплением	C
в гибком впускном трубопроводе с нежестким креплением	C
на двигателе	A, B, J
в двигателе	A, B, J
на трансмиссии/ретардере (замедлителе)	U, V
в трансмиссии/ретардере (замедлителе)	U, V
на топливной рампе	W
на жестком впускном коллекторе	X
Пассажирский салон	
без особых требований	D, E, K, L
подвергается воздействию прямого солнечного излучения	D, E, K, L
подвергается воздействию теплового излучения	D, E, K, L
Багажный отсек/грузовой отсек	
багажное отделение/грузовое отделение	D, E, K, L
Наружное крепление	
к кузову	D, E, K, L
к раме	K
Днище кузова / колесные ниши	
подрессоренные массы	D, E, K, L
неподрессоренные массы	H, I, O, T
в / на двери салона	F, G, R, S
к крышке капота	F, G, R, S
к крышке или двери багажного отделения	F, G, R, S
к крышке или двери багажника	F, G, R, S
к выпускной системе	Y

Окончание таблицы Б.1

Место установки	Рекомендуемые испытания и технические требования (кодовая буква; см. таблицу 25)
В полости	
открытой внутрь	D, E, K, L
открытой наружу	D, E, K, L
в специальных отсеках	D, E, K, L

УДК 629.3.018.7:006.354 ОКС 43.040.10

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, электрические и электронные устройства, механические нагрузки, методы испытаний

БЗ 8—2020

Редактор *Е.А. Моисеева*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 20.07.2020. Подписано в печать 29.07.2020. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,38.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,

117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
@gostinfo.ru

gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru