ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 16750-1— 2025

Транспорт дорожный

ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Часть 1

Общие положения

(ISO 16750-1:2023, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 056 «Дорожный транспорт»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 июня 2025 г. № 519-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 16750-1:2023 «Транспорт дорожный. Факторы внешнего воздействия и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 1. Общие требования» (ISO 16750-1:2023 «Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 1: General», IDT).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2023
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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 Классификация по месту установки 4
4.1 Моторный отсек (двигатель внутреннего сгорания/электромотор) 4
4.2 Пассажирский отсек 4
4.3 Грузовой/багажный отсек 5
4.4 Установка снаружи/в полостях 5
4.5 Прочие места установки 5
5 Режимы работы 5
5.1 Общие требования 5
5.2 Режим работы 1 7
5.3 Режим работы 2 7
5.4 Режим работы 3 7
5.5 Режим работы 4 8
6 Классификация функциональных статусов 8
6.1 Общие положения 8
6.2 Класс A 8
6.3 Класс B 8
6.4 Класс C 9
6.5 Класс D 9
6.6 Класс E 9
7 Испытания и требования 9
7.1 Общие положения 9
7.2 Основные условия проведения испытаний 9
7.3 Последовательность испытаний 10
7.4 Конфигурация испытания 10
7.5 Процедура испытания 10
7.6 Проверка параметров 10
7.7 Физический анализ (визуальный контроль) 11
8 Обозначения 11
8.1 Кодировка 11
8.2 Использование кода Z «по согласованию» 12
Приложение A (справочное) Пример плана испытаний 13
Приложение B (справочное) Пример ресурсного испытания/положения о требованиях к надежности 14
Приложение C (справочное) Пример классификации компонента по массе 17
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 18
Библиография 19

Введение

Целью стандартов серии ИСО 16750 является оказание помощи их пользователям в систематическом определении и/или применении набора международно-признанных внешних факторов, испытаний и эксплуатационных требований, основанных на предполагаемых фактических условиях, в которых оборудование будет эксплуатироваться и воздействию которых оно будет подвергаться в течение своего жизненного цикла.

Примечание — Данное издание серии стандартов ИСО 16750 (2023) не содержит условий электрических испытаний или требований стандарта ИСО 16750-2 для цепей класса напряжения *B*, компонентов класса напряжения *B*, а также цепей напряжением 48 В с компонентами, работающими под напряжением 48 В. Условия электрических испытаний или требования к компонентам класса напряжения *B* и цепям напряжением 48 В с компонентами, работающими под напряжением 48 В, приведены в серии стандартов ИСО 21498 (компоненты класса напряжения *B*) и серии стандартов ИСО 21780 (компоненты напряжением 48 В).

При разработке настоящего стандарта были учтены следующие факторы воздействия.

Географическое положение и климат

Дорожные транспортные средства эксплуатируются практически во всех регионах земного шара. Поэтому можно ожидать значительные изменения факторов окружающей среды, обусловленных климатическими условиями, включая суточные и сезонные циклы. В настоящем стандарте учтены различия диапазонов температуры, влажности, осадков и атмосферных условий, включая пыль, загрязнение окружающей среды и высоту над уровнем моря.

Тип транспортного средства

Внешние факторы внутри и снаружи дорожных транспортных средств могут оказывать различное влияние на ТС в зависимости от конструктивных особенностей транспортного средства, например оснащено ли оно двигателем внутреннего сгорания и/или электродвигателем для приведения транспортного средства в движение, массы, размеров транспортного средства, напряжения электропитания и т. д. В стандарте рассмотрены основные типы серийных транспортных средств, включая легковые автомобили, малотоннажные грузовые автомобили, тяжелые автобусы и грузовые автомобили, приводимые в движение не только дизельными или бензиновыми двигателями, но и электродвигателями. Рассмотрены гибридные электромобили, электромобили с аккумуляторными батареями, гибридные электромобили с увеличенным запасом хода и транспортные средства на топливных элементах, за исключением оборудования, специфичного для систем на топливных элементах.

Режимы работы и условия эксплуатации транспортного средства

Внешние факторы воздействия внутри и снаружи транспортных средств существенно различаются в зависимости от качества дороги, типа дорожного покрытия, рельефа дороги, цели использования транспортного средства (например, поездка на работу, буксировка, перевозка грузов и т. д.) и стиля вождения. Были рассмотрены такие режимы работы, как: хранение, запуск, движение, остановка и т. д. Кроме того, было принято во внимание, что существует разница в режиме работы двигателя между транспортными средствами с двигателем внутреннего сгорания и гибридными транспортными средствами, где существуют режимы движения с отключенным двигателем внутреннего сгорания.

Жизненный цикл оборудования

Электрическое и электронное оборудование должно быть устойчиво к условиям окружающей среды при изготовлении, транспортировке, обращении с ним, хранении, сборке транспортного средства, техническом обслуживании и ремонте транспортного средства. Такие условия и соответствующие им испытания (например, падение при транспортировке, подлежащее проверке с помощью испытания на удар при свободном падении) предусмотрены в настоящем стандарте.

Напряжение питания в транспортном средстве

Напряжение питания зависит от режима работы транспортных средств, конструкции системы распределения электроэнергии и даже климатических условий.

Масса и объем компонентов

Масса и объем компонентов существенно влияют на реакцию испытываемого устройства (ИУ) на внешние воздействия среды, особенно в отношении вибрации и термической нагрузки. При термических нагрузках основное влияние оказывается на ИУ с более высокой теплоемкостью. При вибрационных нагрузках особенное значение имеет высокая динамическая взаимосвязь компонентов системы

(обусловленная большой массой и моментом инерции, а также расположением центра тяжести). Современные компоненты электрических приводных систем дорожных транспортных средств, например электродвигатели, инверторы или преобразователи постоянного тока, намного крупнее и тяжелее, чем небольшое и легкое электронное оборудование, такое как небольшие датчики, ЭБУ или оборудование системы впрыска топлива. С учетом особенностей такого оборудования в настоящем стандарте были рассмотрены размеры и массы компонентов электрического силового агрегата, например через учет инерционной массы этих компонентов как фактора, влияющего на измеряемые вибрации. Кроме того, размер и масса существенно влияют на необходимое время выдержки при низких и высоких температурах при исследовании температурного профиля, например в соответствии со стандартом ИСО 16750-4, поскольку требуется гораздо больше времени для достижения заданной температуры внутри компонента (время стабилизации). Для проведения надлежащих испытаний в соответствии с массой и объемом различных компонентов одним из типовых решений является применение различных профилей испытаний на основе классификации по массе. В настоящем стандарте приведен пример такой классификации (см. приложение С).

Место установки в транспортном средстве

В современных и перспективных транспортных средствах системы/компоненты могут быть установлены практически в любом месте транспортного средства. Требования для каждого конкретного применения компонента в значительной степени зависят от места его установки. Каждое место установки в транспортном средстве имеет свой собственный набор внешних факторов воздействия. Например, диапазон температур в моторном отсеке значительно отличается от диапазона температур в пассажирском салоне. Это также относится к вибрационным нагрузкам, с учетом того, что в этом случае различаются не только уровни вибрации, но и тип вибрационной нагрузки. Компоненты, установленные на кузове, как правило, подвержены случайным вибрациям, в то время как для систем/компонентов, установленных на двигателе, учитывается дополнительная синусоидальная вибрация от двигателя. Кроме того, компоненты, установленные в дверях, подвергаются большому количеству механических воздействий при закрывании и открывании дверей.

Изготовителям транспортных средств целесообразно сгруппировать различные типы и уровни внешних факторов воздействия в ограниченное количество наборов стандартных требований. Эта стратегия позволяет использовать системы/компоненты транспортных средств из одного проекта в других проектах. Кроме того, при проектировании компонентов для транспортного средства нового проекта часто неизвестны точные требования. Ожидаемые факторы воздействия обычно оценивают на основе данных о транспортных средствах из других проектов с аналогичными условиями. Группировка выполняется по месту установки, однако трудно определить правильное место установки и соответствующие нагрузки, поскольку существует конфликт целей между наличием нескольких классов требований и адаптацией уровней требований к каждому виду применения. Причина заключается в том, что факторы воздействия зависят не только от места установки. Существуют и другие важные факторы, влияющие на уровни нагрузки на системы/компоненты. Например, типы кузова, привода или плотность компоновки могут предъявлять совершенно разные требования к устройствам, которые устанавливают на разных транспортных средствах практически в одном и том же месте.

Целью стандартов серии ИСО 16750 является определение классов требований для отдельных типов нагрузок. В них различают электрические, механические, термические, климатические нагрузки и химические воздействия. Для каждого типа нагрузки определено несколько классов требований. Каждый класс требований обозначается определенной буквой кода. Полный набор требований создается путем определения кодовой комбинации букв. Кодовые буквы определены в соответствующих разделах настоящего стандарта. Кроме того, в таблицах, приведенных в приложениях к каждой части, указаны обычные места установки и приведены примеры соответствующих кодовых обозначений. Для обычных применений используются эти кодовые обозначения. Если применение компонента является специфичным и данные комбинации кодовых букв использованы быть не могут, можно создать новые комбинации кодовых букв. Если ни один из приведенных буквенных кодов не подходит, можно создать новые уровни требований, используя кодовую букву Z. В этом случае конкретные требования определяются отдельно, при этом желательно не менять методы испытаний.

При испытаниях на термические, механические, климатические нагрузки и химические воздействия, как минимум, следует учитывать места установки, указанные в пункте 4.

а) Применимость стандартов в части ответственности изготовителя

Из-за технологических ограничений или различий в конструкции транспортных средств изготовителю транспортного средства может потребоваться разместить компонент в таком месте, где он не

сможет выдерживать воздействие внешних факторов, приведенных в стандартах серии ИСО 16750. В этом случае изготовитель транспортного средства несет ответственность за обеспечение необходимой защиты компонента от воздействия этих факторов.

b) Применимость стандартов в части жгутов проводов, кабелей и электрических разъемов

Некоторые условия и испытания, приведенные в стандартах серии ИСО 16750, могут быть применимы к жгутам проводов, кабелям и разъемам транспортных средств, однако их объем недостаточен для использования в качестве полноценного стандарта. Поэтому не рекомендуется напрямую применять стандарты серии ИСО 16750 к таким устройствам и оборудованию.

c) Применимость стандартов в части деталей или узлов оборудования

Стандарты серии ИСО 16750 описывают внешние факторы воздействия и испытания, которые должны проводиться для электрического и электронного оборудования, непосредственно установленного внутри транспортного средства или на нем. Они не предназначены для непосредственного применения к деталям или узлам, входящим в состав оборудования. Например, стандарты серии ИСО 16750 не должны применяться непосредственно к интегральным схемам и дискретным компонентам, электрическим разъемам, печатным платам, датчикам и т. д., которые встроены в оборудование или находятся на нем. Электрические, механические, климатические нагрузки и химические воздействия на такие детали и узлы могут существенно отличаться от тех, которые приведены в стандартах серии ИСО 16750.

С другой стороны, стандарты серии ИСО 16750 предпочтительно использовать для определения внешних факторов воздействия и требований к испытаниям деталей и узлов, предназначенных для использования внутри оборудования дорожных транспортных средств. Например, диапазон температур от минус 40 °С до плюс 90 °С может быть указан для деталей или узлов, содержащихся внутри части оборудования, имеющей диапазон температур от минус 40 °С до плюс 70 °С и дополнительное повышение верхней границы диапазона температуры на 20 К.

d) Применимость стандартов в части валидации и интеграции систем

Пользователи стандартов серии ИСО 16750 должны иметь в виду, что область применения стандартов серии ИСО 16750 ограничена условиями и испытаниями на уровне оборудования и не включает все условия и испытания, необходимые для полной проверки и валидации систем транспортного средства. Поэтому дополнительно может потребоваться проведение климатических и ресурсных испытаний деталей оборудования и систем транспортных средств.

Например, стандарты серии ИСО 16750 не обязательно обеспечивают соблюдение климатических требований и требований к надежности паяных соединений, непаяных соединений, интегральных схем и т. д. Такие требования предъявляются на уровне деталей, материалов или сборки. Кроме того, для проверки работоспособности оборудования в транспортном средстве могут потребоваться испытания на уровне транспортного средства или в составе системы.

e) Применимость стандартов в части высоковольтных аккумуляторных батарей и систем или компонентов внутри них

Хотя некоторые внешние факторы воздействия и испытания на механические нагрузки в соответствии с ИСО 16750-3 и климатические нагрузки в соответствии с ИСО 16750-4 могут иметь отношение к высоковольтным аккумуляторным батареям (например, тяговым) и системам или компонентам внутри них, объема указанных стандартов недостаточно для использования в качестве полноценного руководства по испытаниям. Поэтому не рекомендуется применять стандарты серии ИСО 16750 непосредственно к таким устройствам и оборудованию. Для этого следует применять ИСО 19453-6.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Транспорт дорожный

ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Часть 1

Общие положения

Road vehicles. Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment.
Part 1. General

Дата введения — 2026—05—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на электрические и электронные системы и компоненты транспортных средств, включая электрические силовые установки и компоненты с максимальным рабочим напряжением, соответствующим классу напряжения *B*. Настоящий стандарт устанавливает потенциальные внешние факторы воздействия и определяет методы испытаний и требования, рекомендуемые в зависимости от места установки систем и компонентов (внутри или снаружи транспортного средства).

Настоящий стандарт содержит терминологию и общие требования для стандартов серии ИСО 16750.

Настоящий стандарт не предназначен для применения в отношении систем и компонентов мотоциклов и мопедов. Настоящий стандарт не охватывает требования к электромагнитной совместимости (ЭМС).

Настоящий стандарт не распространяется на произведенные или находящиеся в стадии разработки системы и их компоненты, которые были разработаны до даты утверждения настоящего стандарта.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 6469-3, Electrically propelled road vehicles — Safety specifications — Part 3: Electrical safety (Транспорт дорожный на электрической тяге. Требования безопасности. Часть 3. Электробезопасность)

ISO 16750-2, Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 2: Electrical loads (Транспорт дорожный. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 2. Электрические нагрузки)

ISO 16750-3, Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 3: Mechanical loads (Транспорт дорожный. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 3. Механические нагрузки)

ISO 16750-4, Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 4: Climatic loads (Транспорт дорожный. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 4. Климатические нагрузки)

Издание официальное

ISO 16750-5, Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 5: Chemical loads (Транспорт дорожный. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 5. Химические воздействия)

ISO 20653, Road vehicles — Degrees of protection (IP code) — Protection of electrical equipment against foreign objects, water and access (Транспорт дорожный. Степени защиты (IP-код). Защита электрооборудования от посторонних предметов, воды и доступа)

ISO 21498-1, Electrically propelled road vehicles — Electrical specifications and tests for voltage class B systems and components — Part 1: Voltage sub-classes and characteristics (Транспорт дорожный на электрической тяге. Электрические характеристики и испытания систем напряжений класса *B* и их компонентов. Часть 1. Подклассы напряжения и характеристики)

ISO 21780, Road vehicles — Supply voltage of 48 V — Electrical requirements and tests (Транспорт дорожный. Напряжение энергоснабжения 48 В. Требования к электрическим характеристикам и испытания)

EN 13018, Non-destructive testing — Visual testing — General principles (Неразрушающие испытания. Визуальный контроль. Основные принципы)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК поддерживают терминологические базы данных для применения в целях стандартизации по следующим адресам:

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия МЭК: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru .

3.1 **активный режим работы** (active operating mode): Режим работы, характеризующийся функционирующим управлением и электрической работой при нагрузке.

Примечание 1 — Этот термин является заменой, позволяющей избежать избыточных повторений и используется в требованиях при описании режимов работы, указанных в методе испытаний.

Пример — Термин «активный режим работы», описанный в требованиях, заменяет «режим работы 3.2, 3.3 и/или 3.4» в методе испытания.

3.2 **заказчик** (customer): Сторона, использующая электрическое и электронное оборудование.

3.3 **испытуемое устройство;** ИУ (device under test, DUT): Один компонент или комбинация компонентов (система), подвергаемые испытанию.

3.4 **время выдержки** (dwell time): Время, за которое система или компоненты достигают и остаются в рамках заданных условий (таких, например, как температура, напряжение, число оборотов).

3.5 **тяговый электропривод** (electric propulsion system): Совокупность тягового электродвигателя, силовой электроники и связанных с ней средств управления для преобразования электрической энергии в механическую и наоборот.

Примечание — Термин из ИСО 6469-1:2019, 3.8, с изменением — первоначально использовался термин «электропривод».

3.6 **транспортное средство с тяговым электроприводом** (electric propulsion vehicle): Транспортное средство с одним или несколькими *тяговыми электроприводами* (3.5), приводящими транспортное средство в движение.

Примечание — Термин из ИСО 6469-1:2019, 3.9, с изменением — первоначально использовался термин «транспортное средство с электроприводом».

3.7 **время воздействия** (exposure time): Все время, в течение которого системы/компоненты подвергаются постоянным испытательным нагрузкам (например, температура, влажность).

3.8 **функциональное испытание** (functional test): Базовое испытание для проверки систем/компонентов на соответствие разработанным специально для выполнения типовых функций или соответствия характеристикам, например выходным сигналам, выходной мощности, характеристикам изоляции и т. д.

Примечание — Функциональные испытания проводят в кратчайшие сроки, чтобы избежать повышения температуры систем/компонентов из-за самонагрева. Выполняемые и проверяемые функции или характеристики определяются соглашением между *заказчиком* (3.2) и *поставщиком* (3.19).

3.9 **температура горячей «выдержки» T_{maxHS}** (hot-soak temperature T_{maxHS}): Максимальное значение температуры воздуха, которое может быть достигнуто в отсеке двигателя/электромотора после остановки транспортного средства и отключения двигателя.

3.10 **максимальная рабочая температура T_{max}** (maximum operating temperature T_{max}): Максимальное значение температуры воздуха, на которое рассчитана работа систем/компонентов.

3.11 **максимальное рабочее напряжение** (maximum working voltage): Максимальное значение напряжения постоянного или переменного тока (среднеквадратичное значение), которое может возникать при нормальных условиях эксплуатации в соответствии с требованиями *заказчика* (3.2), за исключением переходных процессов и пульсаций напряжения.

3.12 **минимальная рабочая температура T_{min}** (minimum operating temperature T_{min}): Минимальное значение температуры воздуха при эксплуатации систем/компонентов.

3.13 **номинальное напряжение U_N (**nominal voltage U_N): Значение напряжения, используемое для обозначения электрической системы транспортного средства напряжением 12/24 В.

3.14 **температура ремонта лакокрасочного покрытия T_{maxPR}** (paint repair temperature T_{maxPR}): Максимальная температура, при которой производится ремонт лакокрасочного покрытия транспортного средства.

3.15 **размах напряжения U_{pp}** (peak to peak voltage U_{pp}): Величина, равная разности между амплитудными или действующими значениями напряжения до и после одиночного изменения напряжения.

3.16 **резервный источник питания** (redundant supply): Источник питания (например, преобразователь постоянного тока, аккумуляторная батарея, генератор переменного тока, встроенный стартер-генератор и т. д.) в сети(ях) транспортного средства, который работает независимо от другого источника питания при переходных режимах и аварийных ситуациях.

Пример — Две отдельные свинцово-кислотные аккумуляторные батареи, каждая из которых снабжает соответствующую независимую сеть транспортного средства напряжением 12 В.

3.17 **ИУ с резервным питанием** (redundantly supplied DUT): *ИУ* (3.3), имеющее два или более канала питания (может включать в себя как контуры напряжения, так и контуры заземления), позволяющее продолжать работу с полной или пониженной мощностью, если подача питания на один из разъемов питания прервана или нарушена.

Пример — ИУ с двумя дублированными внутренними цепями для выполнения одной и той же функции, которые питаются от двух независимых источников питания (например, класса напряжения А) с целью повышения доступности, обеспечения обнаружения неисправностей или обеспечения функциональной устойчивости к единичным неисправностям, чаще всего используется для обеспечения доступности функций, критически важных для безопасности.

3.18 **стабилизационный период** (stabilization time): Время, необходимое компоненту/системе для того, чтобы достичь определенных условий (например, температуры, влажности).

3.19 **поставщик** (supplier): Сторона, поставляющая электрическое и электронное оборудование.

3.20 **напряжение питания U_S** (supply voltage U_S): Напряжение электрической системы транспортного средства, изменяющееся в зависимости от нагрузки системы и режима работы источника питания (например, преобразователь постоянного тока, аккумуляторная батарея, генератор переменного тока, встроенный стартер-генератор и т. д.).

3.21 **максимальное напряжение питания U_{Smax}** (supply voltage maximum U_{Smax}): Максимальное *напряжение питания* (3.20) в установленном *диапазоне напряжений* (3.31) *ИУ* (3.3) при работе в соответствии с классом функционального состояния А.

3.22 **минимальное напряжение питания U_{Smin}** (supply voltage minimum U_{Smin}): Минимальное *напряжение питания* (3.20) в установленном *диапазоне напряжений* (3.31) *ИУ* (3.3) при работе в соответствии с классом функционального состояния А.

3.23 **напряжение питания режима работы 2 U_B** (supply voltage operating mode 2 U_B): *Напряжение питания* (3.20) от аккумуляторной батареи 12/24 В без подзарядки.

3.24 **напряжение питания для 48 В систем режима работы 3 и 4 U_{48N}** (supply voltage for 48 V system operating mode 3 and 4 U_{48N}): *Напряжение питания* (3.20) от аккумуляторной батареи 48 В/преобразователя постоянного тока без подзарядки.

3.25 **напряжение питания режима работы 3 и 4 U_A** (supply voltage operating mode 3 and 4 U_A): *Напряжение питания* (3.20) от аккумуляторной батареи 12/24 В с подзарядкой.

3.26 **испытательное напряжение** (test voltage) Напряжение, прикладываемое к *ИУ* (3.3) в процессе испытания.

Пример — U_A или U_B (см. таблицу 4).

3.27 **термическое равновесие** (thermal equilibrium): Состояние, при котором температура всех деталей в системах/компонентах находится в пределах 3 К от их конечной температуры, если иное не указано в спецификации систем/компонентов.

Примечание — Допуск в 3 К соответствует стандарту IEC 60068-1:2013, 3.11: термическая стабильность, которая содержит техническую информацию об ИУ с рассеиванием тепла и без него.

3.28 **напряжение неограниченной эксплуатации U_X** (unlimited operating capability voltage U_X): Установленное *напряжение питания* (3.20) в *диапазоне напряжений* (3.31) *класса напряжения B* (3.30), для которого *ИУ* (3.3) работает в соответствии с классом функционального состояния A.

3.29 **класс напряжения *A*** (voltage class A): Классификация электрического компонента или цепи с *максимальным рабочим напряжением* (3.11), не превышающим 30 В переменного тока (среднеквадратичное значение) или 60 В постоянного тока.

3.30 **класс напряжения *B*** (voltage class B): Классификация электрического компонента или цепи с *максимальным рабочим напряжением* (3.11) свыше 30 В и не более/включительно 1000 В переменного тока (среднеквадратичное значение) или свыше 60 В и не более/включительно 1500 В постоянного тока соответственно.

3.31 **диапазон напряжения** (voltage range): Общий термин, охватывающий подкласс напряжения, *рабочие напряжения* (3.32) и отклонения от рабочих напряжений.

3.32 **рабочее напряжение** (working voltage): Напряжение переменного тока (среднеквадратичное значение) или напряжение постоянного тока, которое может возникать в электрической системе при нормальных условиях эксплуатации в соответствии с требованиями *заказчика* (3.2), без учета переходных процессов и пульсаций напряжения.

4 Классификация по месту установки

4.1 Моторный отсек (двигатель внутреннего сгорания/электромотор)

Устройство устанавливают:

a) на кузов:
   1) в передней части, сверху;
   2) в передней части, снизу;
   3) выше лонжерона;
   4) ниже лонжерона;
b) на раму:
   1) в передней части, сверху;
   2) в передней части, снизу;
   3) выше лонжерона;
   4) ниже лонжерона;
c) под крышкой отсека (капот, пол кабины);
d) на впускном коллекторе без жесткого закрепления;
e) во впускном коллекторе, без жесткого закрепления;
f) на двигателе/электромоторе:
   1) верхняя и средняя часть;
   2) нижняя часть;
g) в двигателе/электромоторе;
h) на трансмиссии/коробке передач/ретардере;
i) в трансмиссии/коробке передач/ретардере.

4.2 Пассажирский отсек

Устройство устанавливают на место:

- без специальных требований;
- подверженное воздействию прямого солнечного излучения;
- подверженное воздействию теплового излучения (например, потолок).

4.3 Грузовой/багажный отсек

Устройство устанавливают внутрь.

4.4 Установка снаружи/в полостях

Устройство устанавливают:

a) на кузов (за исключением днища):
   1) верхняя часть;
   2) боковая часть;
   3) нижняя часть;
b) на раму коммерческого транспортного средства:
   1) пространство между элементами рамы;
   2) пространство снаружи элементов рамы;
c) к днищу/колесной арке:
   1) к неподрессоренной массе;
   2) к подрессоренной массе:
      i) в пределах колесной базы;
      ii) в тоннеле пола;
      iii) в заднем свесе;
d) к двери пассажирского отсека:
   1) снаружи;
   2) внутри;
e) к крышке отсека двигателя/электромотора (снаружи);
f) внутри/снаружи крышки/двери багажного отсека:
   1) снаружи;
   2) внутри;
g) в полостях:
   1) открытых внутрь транспортного средства;
   2) открытых наружу транспортного средства;
h) в специальных отсеках.

4.5 Прочие места установки

Для отдельных мест установки со специфическими условиями эксплуатации (например, выхлопная система) не могут быть приведены стандартизированные условия. В таких случаях эти условия должны быть отражены в технических характеристиках устанавливаемого устройства.

Данные о нагрузках должны быть получены на основе соответствующих измерений в транспортном средстве, а подходящие схемы испытаний могут быть разработаны в соответствии с указаниями, содержащимися в соответствующих частях настоящего стандарта.

Примечание — Например, для определения соответствующих испытаний могут быть использованы ИСО 16750-3:2023, приложение А, и ИСО 16750-4:2023, приложение В.

5 Режимы работы

5.1 Общие требования

Обзор режимов работы ИУ, соответствующих настоящему стандарту, приведен в таблицах 1, 2 и 3.

Особые требования каждого режима нагрузки (например, обычный режим, режим максимальной нагрузки) определяются по согласованию между заказчиком и поставщиком.

Таблица 1 — Режимы работы для ИУ 12/24 В

Режим работы	Жгуты проводов подключены	Напряжение питания 12/24 В системы	Режим нагрузки	Вспомогательное устройство (например, система охлаждения)
1.1	Нет	Питания нет	Не применяют	Отключено
1.2	Да	Питания нет	Не применяют	Отключено

Окончание таблицы 1

Режим работы	Жгуты проводов подключены	Напряжение питания 12/24 В системы	Режим нагрузки	Вспомогательное устройство (например, система охлаждения)
2.1	Да	U_B[a]	Режим сна	Отключено
2.2	Да	U_B[a]	Обычный режим	Отключено
2.3	Да	U_B[a]	Минимальная нагрузка	Отключено
2.4	Да	U_B[a]	Минимальная нагрузка	Отключено
3.1	Да	U_A[a]	Режим ожидания[b]	Отключено
3.2	Да	U_A[a]	Обычный режим	Отключено
3.3	Да	U_A[a]	Минимальная нагрузка	Отключено
3.4	Да	U_A[a]	Максимальная нагрузка	Отключено
4.1	Да	U_A[a]	Режим ожидания[b]	Подключено
4.2	Да	U_A[a]	Обычный режим	Подключено
4.3	Да	U_A[a]	Минимальная нагрузка	Подключено
4.4	Да	U_A[a]	Максимальная нагрузка	Подключено

[a] Для электрических испытаний прочие уровни и профили напряжений установлены в испытаниях, приведенных в ИСО 16750-2.

[b] ЭБУ с микропроцессорами, например аудиосистемы, головной дисплей, приборная панель и т. д., активируются и находятся в режиме ожидания с основными функциями.

Таблица 2 — Режимы работы для ИУ 48 В (с 12/24 В цепями)

Режим работы	Жгуты проводов подключены	Напряжение питания 12/24 В системы	Напряжение питания 48 В системы	Режим нагрузки	Вспомогательное устройство (например, система охлаждения)
1.1	Нет	Питания нет	Питания нет	Не применяют	Отключено
1.2	Да	Питания нет	Питания нет	Не применяют	Отключено
2.1	Да	U_B[a]	Питания нет	Спящий режим	Отключено
2.2	Да	U_B[a]	Питания нет	Обычный режим	Отключено
2.3	Да	U_B[a]	Питания нет	Минимальная нагрузка	Отключено
2.4	Да	U_B[a]	Питания нет	Максимальная нагрузка	Отключено
3.1	Да	U_A[a]	U_{48N}	Режим ожидания[b]	Отключено
3.2	Да	U_A[a]	U_{48N}	Обычный режим	Отключено
3.3	Да	U_A[a]	U_{48N}	Минимальная нагрузка	Отключено
3.4	Да	U_A[a]	U_{48N}	Максимальная нагрузка	Отключено
4.1	Да	U_A[a]	U_{48N}	Режим ожидания[b]	Подключено
4.2	Да	U_A[a]	U_{48N}	Обычный режим	Подключено
4.3	Да	U_A[a]	U_{48N}	Минимальная нагрузка	Подключено
4.4	Да	U_A[a]	U_{48N}	Максимальная нагрузка	Подключено

[a] Для электрических испытаний прочие уровни и профили напряжений установлены в испытаниях, приведенных в ИСО 16750-2.

[b] ЭБУ с микропроцессорами, например аудиосистемы, головной дисплей, приборная панель и т. д., активируются и находятся в режиме ожидания с основными функциями.

Примечание — Режимы работы 3.X и 4.X соответствуют режиму работы 2.X, определенному в ИСО 21780.

Таблица 3 — Режимы работы для ИУ с классом напряжения B (с 12/24 В цепями)

Режим работы	Жгуты проводов подключены	Напряжение питания 12/24 В системы	Напряжение питания цепи класса *B*	Режим нагрузки	Вспомогательное устройство (например, система охлаждения)
1.1	Нет	Питания нет	Питания нет[c]	Не применяют	Отключено
1.2	Да	Питания нет	Питания нет[c]	Не применяют	Отключено
2.1	Да	U_B^a	Питания нет[c]	Спящий режим	Отключено
2.2	Да	U_B^a	Питания нет[c]	Обычный режим	Отключено
2.3	Да	U_B^a	Питания нет[c]	Минимальная нагрузка	Отключено
2.4	Да	U_B^a	Питания нет[c]	Максимальная нагрузка	Отключено
3.1	Да	U_A^a	U_X	Режим ожидания[b]	Отключено
3.2	Да	U_A^a	U_X	Обычный режим	Отключено
3.3	Да	U_A^a	U_X	Минимальная нагрузка	Отключено
3.4	Не применяют	Не применяют	Не применяют	Не применяют	Не применять
4.1	Да	U_A^a	U_X	Режим ожидания[b]	Подключено
4.2	Да	U_A^a	U_X	Обычный режим	Подключено
4.3	Да	U_A^a	U_X	Минимальная нагрузка	Подключено
4.4	Да	U_A^a	U_X	Максимальная нагрузка	Подключено

[a] Для электрических испытаний прочие уровни и профили напряжений установлены в испытаниях, приведенных в ИСО 16750-2.

[b] ЭБУ с микропроцессорами, например аудиосистемы, головной дисплей, приборная панель и т. д., активируются и находятся в режиме ожидания с основными функциями.

[c] Для цепей класса напряжения *B* отсутствие напряжения означает разомкнутый контактор.

5.2 Режим работы 1

Питание ИУ отключено.

Режим работы 1.1: электрические соединения не подключены.

Режим работы 1.2: жгуты проводов подключены в качестве имитации установки на транспортном средстве.

5.3 Режим работы 2

ИУ работает от сети при испытательном напряжении U_B, как в транспортном средстве с выключенным двигателем внутреннего сгорания, отключенной высоковольтной батареей и/или преобразователем постоянного тока, и подключенный ко всем электрическим соединениям. Для отдельных испытаний могут применяться другие испытательные напряжения или другие профили напряжения.

Режим работы 2.1: функционал систем/компонентов не активирован (например, спящий режим).

Режим работы 2.2: активный режим работы системы/компонента при номинальной нагрузке.

Режим работы 2.3: активный режим работы системы/компонента при минимальной нагрузке.

Режим работы 2.4: активный режим работы системы/компонента при максимальной нагрузке.

5.4 Режим работы 3

ИУ работает от сети с испытательным напряжением U_A и U_X при всех подключенных электрических соединениях. Тем не менее, вспомогательные системы (например, система охлаждения) не подключены.

Для всех электрических систем режим работы 3.4 может быть заменен на 3.2 по согласованию между заказчиком и поставщиком, чтобы избежать перегрева ИУ или невозможности проведения испытания.

Если ИУ имеет цепи напряжением 48 В и не имеет цепей класса напряжения *B*, следует применять U_{48N} вместо U_X. Если ИУ имеет только цепи напряжением 12/24 В, следует подавать напряжение только 12/24 В. Для отдельных испытаний могут применяться другие испытательные напряжения или профили напряжения.

Режим работы 3.1: функции систем/компонентов не активированы.

Режим работы 3.2: активный режим работы системы/компонента при номинальной нагрузке.

Режим работы 3.3: активный режим работы системы/компонента при минимальной нагрузке.

Режим работы 3.4: активный режим работы системы/компонента при максимальной нагрузке.

Примечание 1 — Режим работы 3.4 не применяется к компонентам и системам с напряжением класса *B*.

Примечание 2 — Режим работы для ИУ с нагрузкой на цепи 48 В соответствует режиму работы 2, определенному в ИСО 21780.

5.5 Режим работы 4

ИУ работает от сети с испытательным напряжением U_A и U_X, все электрические соединения подключены. Также установлены вспомогательные системы (например, система охлаждения). Режимы работы (при минимальной, номинальной, максимальной нагрузках) должны быть согласованы между заказчиком и поставщиком. Режим работы 4.4 может быть изменен на 4.2 по согласованию между заказчиком и поставщиком, чтобы избежать перегрева ИУ или невозможности проведения испытания.

Если ИУ имеет цепи напряжением 48 В и не имеет цепей класса напряжения *B*, следует применять U_{48N} вместо U_X. Если ИУ имеет только цепи напряжением 12/24 В, следует подавать напряжение только 12/24 В. Для отдельных испытаний могут применяться другие испытательные напряжения или профили напряжения.

Режим работы 4.1: функции систем/компонентов не активированы.

Режим работы 4.2: активный режим работы системы/компонента при номинальной нагрузке.

Режим работы 4.3: активный режим работы системы/компонента при минимальной нагрузке.

Режим работы 4.4: активный режим работы системы/компонента при максимальной нагрузке.

Примечание — Режим работы для ИУ с нагрузкой в цепи 48 В соответствует режиму работы 2, определенному в ИСО 21780.

6 Классификация функциональных статусов

6.1 Общие положения

В настоящем разделе приведены функциональные статусы ИУ во время и после испытания.

Функциональный статус необходимо обозначить в каждом испытании. Функционал систем/устройств и заданные допуски должны быть согласованы между заказчиком и поставщиком. Дополнительные требования к испытаниям и ограничения, связанные с конфигурацией испытаний, могут быть согласованы между заказчиком и поставщиком.

Нежелательные срабатывания ИУ не допускаются во всех последующих классах (см. 6.2—6.6).

Во всех последующих классах необходимо обеспечить электробезопасность по ИСО 6469-3, за исключением класса Е, где с ИУ следует обращаться с особой осторожностью.

6.2 Класс А

Все функции устройства/системы выполняются в соответствии с документацией изготовителя во время испытания (в периоды активного режима работы) и после него.

6.3 Класс В

Все функции устройства/системы выполняются в соответствии с документацией изготовителя во время испытания (в периоды активного режима работы) и после него.

При этом один или несколько параметров могут выходить за пределы установленного допуска. Все параметры возвращаются автоматически в нормальные пределы после испытаний. Функции памяти должны соответствовать требованиям класса А.

Изготовитель транспортного средства устанавливает, какие функции ИУ должны выполняться во время испытания в полном соответствии с документацией изготовителя, и параметры какой функции могут выходить за пределы установленного допуска.

6.4 Класс C

Одна или несколько функций устройства/системы не выполняются во время испытания так, как определено в документации изготовителя, но автоматически возвращаются к нормальной работе после испытания.

6.5 Класс D

Одна или несколько функций устройства/системы не выполняются во время испытания так, как определено в документации изготовителя, и не возвращаются к нормальной работе после испытания, пока устройство/система не будет сброшено простым действием оператора/пользователя.

6.6 Класс E

Одна или несколько функций устройства/системы не выполняются во время и после испытания так, как определено в документации изготовителя, и не возвращаются в надлежащее состояние без ремонта или замены устройства/системы.

7 Испытания и требования

7.1 Общие положения

Значения, установленные в стандартах ИСО 16750-2 — ИСО 16750-5, применяют в качестве базовых требований.

ИУ, предназначенное для установки в нескольких местах, необходимо испытывать на соответствие наиболее жестким требованиям. Соответствующие методы испытаний для механических и климатических нагрузок следует выбирать по ИСО 16750-3 и ИСО 16750-4, с использованием примера классификации по массе, приведенной в приложении С.

ИУ должно быть подвергнуто проверке габаритных и установочных размеров, визуальным и функциональным испытаниям, предусмотренным соответствующей документацией, в которой должны быть установлены критерии (например, допустимые предельные отклонения электрических, тепловых или механических характеристик), используемые для принятия или отбраковки ИУ до и после всех испытаний.

Программное обеспечение и запоминающие устройства, установленные в ИУ, должны быть полностью работоспособными до тех пор, пока ИУ не будет отключено. Если устройство оснащено энергонезависимой памятью, целостность (а не текущее состояние) энергонезависимой памяти должна постоянно поддерживаться по мере необходимости.

7.2 Основные условия проведения испытаний

Если не указано иное, все испытания необходимо проводить при комнатной температуре (23 ± 5) °С и относительной влажности воздуха от 25 % до 75 %.

Испытательные напряжения должны соответствовать указанным в таблице 4, если иное не установлено в соответствующих частях ИСО 16750, или иное не согласовано с заказчиком, в этом случае данные значения необходимо указать в протоколе испытаний.

Таблица 4 — Испытательные напряжения для режимов работы 2—4 (см. 5.3—5.5)

Напряжение в вольтах

Испытательное напряжение	Система с напряжением класса *A*			Система с напряжением класса *B*
	Система 12 В	Система 24 В	Система 48 В	
U_A	14 ± 0,2	28 ± 0,2	—	—
U_B	12 ± 0,2	24 ± 0,2	—	—
U_{48N}	—	—	48 ± 0,24	—
U_X	—	—	—	Напряжение для неограниченной эксплуатации[a], допуск ±1 %
[a] Напряжение для неограниченной эксплуатации устанавливается по согласованию между заказчиком и поставщиком по ИСО 21498-1.				

7.3 Последовательность испытаний

Перед проведением испытания необходимо согласовать план испытаний с указанием типа, количества, группы испытаний, которые будут проводить последовательно или параллельно, с учетом затрат и продолжительности испытаний.

Ресурсные испытания должны быть определены специально для каждого изделия и учитываться в плане испытаний.

Пример приведен в приложении А.

Пример — Для ИУ, имеющего как механические приводы, так и электрическую цепь, в которой может произойти сбой в электроснабжении, может оказаться целесообразной как проверка срока службы электрической цепи, так и проверка срока службы механических деталей на износ.

7.4 Конфигурация испытания

Точная конфигурация испытания, рабочие нагрузки (например, запуск, оригинальные датчики, оригинальные приводы и сменные схемы), а также требуемые граничные условия должны быть согласованы между заказчиком и поставщиком. Подобную информацию необходимо указать в плане и в протоколе испытаний.

Испытательное оборудование должно обеспечить наличие и функционирование на должном уровне всех требуемых для достижения указанных характеристик ИУ интерфейсов. Сигналы или сообщения, полученные от контроллера транспортного средства или переданные на него для обеспечения должного функционирования ИУ, могут быть сымитированы, если не используется полная имитация транспортного средства или программно-аппаратное моделирование (HIL).

7.5 Процедура испытания

Процедуру испытания необходимо согласовать между заказчиком и поставщиком и указать в плане испытаний.

В начале каждого испытания ИУ находится в стабильном состоянии температуры и влажности, установленном в условиях испытания.

ИУ должно быть полностью включено и проверено через функциональное испытание.

До и после каждого испытания ИУ необходимо подвергать проверке параметров, как указано в 7.6, в соответствии с документацией. Основные параметры, приведенные в 7.6, могут отличаться от результатов испытаний «до» и «после» только в пределах установленных допусков. Любые изменения в измеренных значениях, превышающие точность измерений, должны быть указаны. Результаты необходимо оценить для выявления отклонений, старения или неисправностей компонента.

Повреждение ИУ недопустимо в функциональном состоянии от класса A до класса D. Подтверждение функционального состояния необходимо обеспечить как минимум проверкой параметров в соответствии с 7.6.

Поврежденное ИУ (класс функционального состояния E) должно быть исключено из цикла испытаний, проанализировано на предмет причины неисправности, а результат анализа задокументирован. В таких случаях испытание должно быть повторено с новым ИУ или следующее испытание в плане испытаний должно быть выполнено с новым ИУ. Процедура должна быть согласована между заказчиком и поставщиком.

Физический анализ, приведенный в 7.7, проводят как минимум на одном ИУ после каждого очередного испытания. Все компоненты ИУ, проходящие заключительный этап валидации, должны быть зарегистрированы.

Любое изменение в этих компонентах требует повторной валидации или обоснования отсутствия какого-либо влияния.

7.6 Проверка параметров

Набор изменяющихся основных параметров должен быть определен как в технических характеристиках компонента, так и по согласованию с заказчиком (например, потребляемый ток покоя, рабочие токи, выходные напряжения, контактные сопротивления, полные входные сопротивления, характеристики сигнала и шины, например, время нарастания и спада, уровни сигнала и скорость передачи данных).

Измерение основных параметров и проверку работоспособности ИУ необходимо проводить при комнатной температуре и испытательном напряжении, приведенном в таблице 4. Для компонентов,

обеспечивающих функцию запоминания ошибок (например, результаты прошлой диагностики), память должна быть очищена перед испытанием, а функция запоминания должна быть активирована во время испытания. После испытания память ошибок (например, результаты диагностики) должна быть считана и задокументирована.

Если требуется непрерывный мониторинг основных параметров во время испытания, то его необходимо согласовать между заказчиком и поставщиком.

Все результаты испытаний должны быть указаны в протоколе испытаний.

7.7 Физический анализ (визуальный контроль)

ИУ должно быть вскрыто и подвержено визуальному контролю, включая внешнюю проверку, в соответствии с ЕН 13018. К повреждениям/изменениям относят, например, трещины, сколы/отслаивание, изменение цвета и деформацию.

Примечание — По IPC-A-610 и/или IPC-J-STD-001 используют требования приемлемости для визуального контроля. В зависимости от свойств проверяемого ИУ, а также ожидаемого типа повреждения/изменения могут применять другие стандарты для более подробного проведения визуального контроля.

Физический анализ на уровне компонентов и дополнительные анализы (например, рентгеновский, анализ с помощью растрового электронного микроскопа, исследование поперечного сечения и металлографическое исследование конструкции оборудования и технологии подключения) являются необязательными. Результаты должны быть указаны в протоколе испытаний.

8 Обозначения

8.1 Кодировка

На рисунке 1 приведены результаты испытаний устройства (устройств), на которые ссылаются в виде кода для технической документации. Различные элементы кода должны соответствовать документам, указанным на рисунке 1.

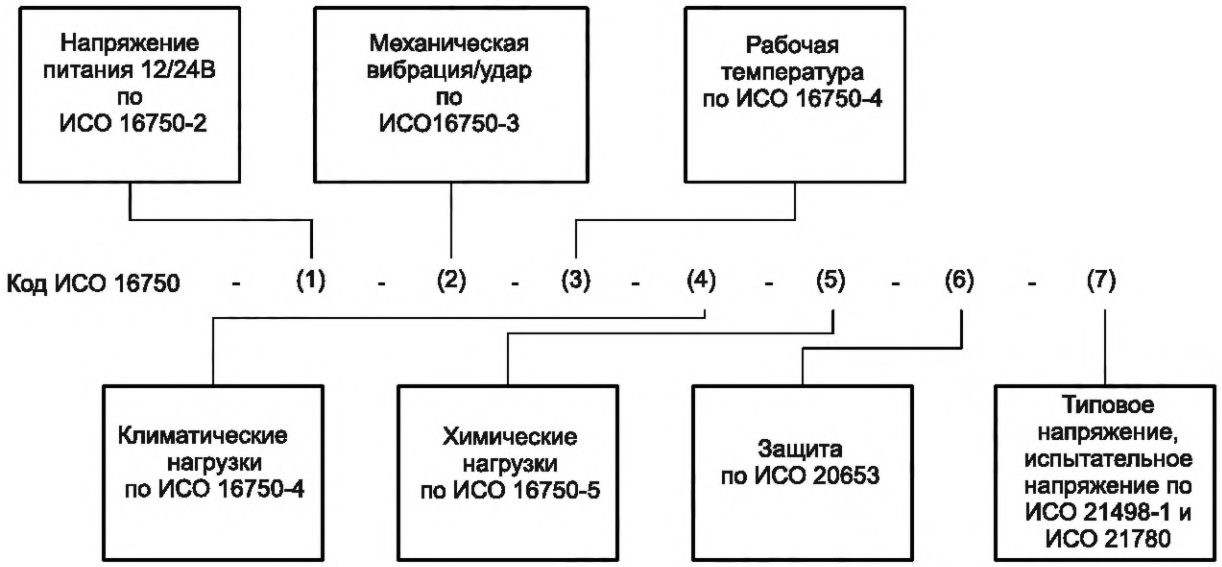


Рисунок 1 — Присвоение кода

Пример — ИСО 16750-A-A-Ha-A-A-IP6K9K-A_48/B_420.

Данный пример демонстрирует обозначение эксплуатационных требований для системы/компонента:

- напряжение питания определено кодом «А» по ИСО 16750-2;
- механические нагрузки определены кодом «А» по ИСО 16750-3;
- рабочая температура определена кодом «На» по ИСО 16750-4;

- климатические нагрузки определены кодом «A» по ИСО 16750-4;
- химические нагрузки определены кодом «A» по ИСО 16750-5;
- степень защиты IP6K9K — по ИСО 20653;
- испытательное напряжение класса A 48 В и испытательное напряжение класса *B* 420 В в соответствии с таблицей 4 определены кодом A_48/B_420.

8.2 Использование кода Z «по согласованию»

Серия стандартов ИСО 16750 соответствует особым требованиям и ситуациям через использование кода Z «по согласованию». Использование кода Z должно быть ограничено случаями, когда заказчик и/или поставщик устанавливают, что условия или испытания, определенные в серии стандартов ИСО 16750:

- не подходят для достижения желаемых целей в области качества/надежности продукции и/или
- неприменимы.

При использовании кода Z «по согласованию» применяют следующие требования и рекомендации:

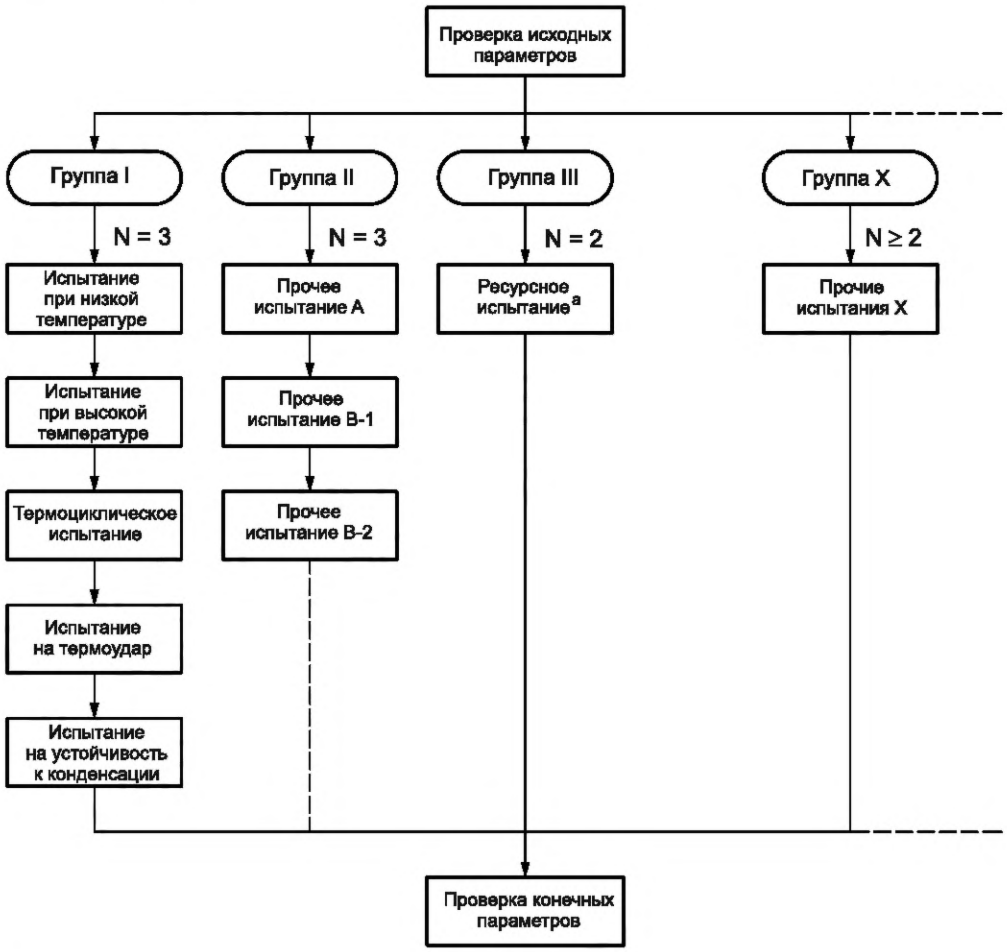
- задокументировано обоснование (причина) отказа от использования приведенных условий или испытаний;
- задокументировано исчерпывающее описание условий или испытаний «по согласованию»;
- задокументированы данные и обоснование, подтверждающие приемлемость условий или испытаний «по согласованию»;
- задокументированы любые конкретные сведения, касающиеся кода Z «по согласованию», содержащиеся в ИСО 16750-2—ИСО 16750-5;
- заказчик и поставщик должны согласиться с тем, что вся документация «по согласованию» отвечает взаимным требованиям.

Приложение А
(справочное)

Пример плана испытаний

План испытаний — это документ, описывающий подробные требования, критерии, методологию, обязанности и общее планирование испытаний и оценки системы/компонента, основные условия испытания (см. 7.2), последовательность испытаний (см. 7.3), конфигурации испытания (см. 7.4), процедуру испытания (см. 7.5) и необходимые проверки и анализ (см. 7.6 и 7.7). На рисунке А.1 представлен пример группы испытаний, проводимых в определенной последовательности в рамках плана испытаний. Это пример, который не предназначен для использования в качестве точного шаблона для реального плана испытаний. В зависимости от механизмов отказов для каждого отдельного компонента необходимо разработать подходящую последовательность испытаний.

Отдельные последовательности испытаний могут проводиться параллельно, с учетом экономической целесообразности и их продолжительности.



[a] См. приложение В.

Примечание — Здесь N — это объем выборки для каждой группы испытаний.

Рисунок А.1 — Пример групп испытаний/последовательности испытаний

Приложение В
(справочное)

Пример ресурсного испытания/положения о требованиях к надежности

В.1 Общие положения

В дополнение к внешнему воздействию, изделие, используемое в транспортном средстве, подвергается нагрузкам, обусловленным его собственным функционалом, далее называемым функциональными нагрузками.

Нагрузки моделируются с помощью ресурсных испытаний, которые включают комбинацию функциональных нагрузок и соответствующих климатических нагрузок, возникающих одновременно.

Эти испытания проводят в соответствии с программами, разработанными на основе практической эксплуатации.

В.2 Цель ресурсных испытаний

В.2.1 Общие сведения

В зависимости от характера задачи различают два принципиально разных случая.

В.2.2 Потенциально слабые места в конструкции

Используя ресурсные испытания в масштабе реального времени или ускоренные ресурсные испытания (с соответствующим увеличением нагрузки), можно проверить конструкцию на функциональные нагрузки в сочетании с дополнительными климатическими нагрузками, чтобы выявить слабые места в конструкции. Для этого достаточно лишь небольшое количество ИУ. Этот случай самый частый. Однако полученные результаты не подходят для определения надежности, поскольку количество ИУ слишком мало для статистически корректного утверждения результатов.

В.2.3 Надежность

Определение надежности — это совершенно другая задача. Для ее решения предлагается следующий пошаговый метод:

a) определение типа нагрузки, который имеет отношение к сроку эксплуатации и специфичен для данного изделия, а также определение необходимого испытания;

b) определение применимой нагрузки (например, времени работы, средней температуры и т. д.);

c) установление вероятности безотказной работы и уровня доверительной вероятности и расчет необходимого количества ИУ или продолжительности испытания по выбранной применимой нагрузке, основываясь на статистической корреляции. В общем случае данный расчет требует обширных испытаний;

d) сокращение обширных испытаний, выполненных на этапе c), до допустимых значений может быть достигнуто путем возможного увеличения нагрузки на основе соответствующего соотношения между практическим опытом и испытанием. Увеличение нагрузки не может привести к изменению ожидаемого процесса повреждения. В сравнении с проверкой потенциальных недостатков конструкции потребуются значительно более обширные испытания.

В первом случае для проверки конструкции также следует использовать пошаговый метод, однако без шага c) (статистический расчет).

В.3 Расчет значений характеристик надежности на основе данных об испытаниях

В.3.1 Основные статистические соотношения

Если требуются характерные значения надежности, например указывающие вероятность безотказной работы R(t) в течение периода времени t, с обязательно заданным уровнем доверительной вероятности P_A, они могут быть оценены с помощью статистического расчета, описанного в формуле (В.1), с использованием данных ресурсного испытания.

Расчет основан на сопоставлении распределения Вейбулла с биномиальным распределением, что дает следующие результаты:

$$R(t_{test}) \geq (1-P_A)^{\frac{1}{n}\left(\frac{t_{life}}{t_{test}}\right)^{\beta}}, \qquad (B.1)$$

где $R(t_{test})$ — вероятность безотказной работы за установленный срок эксплуатации (t_{life}) во время проведения испытания (t_{test});

P_A — уровень доверительной вероятности (допускаемый);

n — количество ИУ;

t_{life} — установленный срок эксплуатации (время, или циклы, или количество операций);

t_{test} — продолжительность испытания (время, или циклы, или количество операций);

β — параметр формы распределения Вейбулла.

При применении приведенного соотношения должны выполняться два условия:

- во время испытания нет отказов компонента; если отказы происходят, то для расчета используется только продолжительность испытания до первого отказа;
- ожидаемые отказы в работе вписываются в распределение Вейбулла.

В зависимости от задачи, для получения требуемых значений используют формулу (В.1); другие величины должны быть известны. В противном случае эти величины определяют экспериментальным путем или с использованием значений, основанных на практическом опыте.

Пример описания метода приведен в В.3.2.

В.3.2 Пример определения продолжительности испытания, для подтверждения заданной надежности

В.3.2.1 Испытуемое устройство

Для примера выбрана катушка с пластиковым покрытием без движущихся частей, используемая в моторном отсеке легкового автомобиля.

Характеристики следующие:

- срок эксплуатации: 10 лет;
- вероятность безотказной работы R = 0,99 (вероятность отказа 1 %);
- уровень доверительной вероятности P_A = 0,9 (нормальное значение).

В.3.2.2 Определение нагрузки, характерной для данного изделия и соответствующего срока эксплуатации

Согласно экспериментам, проведенным с этим и подобными изделиями, основная нагрузка может быть определена как нагрузка, возникающая в результате механических напряжений, вызванных различными процессами теплового расширения различных компонентов из-за напряжения в температурном цикле.

Как следствие необходимо провести термоциклическое испытание.

В.3.2.3 Определение фактических нагрузок

Наибольшее повышение температуры, встречающееся на практике, — это повышение температуры, возникающее в результате нагрева моторного отсека, начинающегося с холодного режима эксплуатации. Из-за высокой тепловой нагрузки транспортного средства такое повышение температуры может происходить не чаще двух раз в день; при использовании в течение 10 лет это приводит к 7 300 температурным циклам с повышением температуры (определяемым путем измерения) ΔT = 70 К.

Многочисленные небольшие повышения температуры в этом приближении не учитываются. Причины этого представлены в В.3.2.5.

В.3.2.4 Расчет продолжительности испытания

Продолжительность испытания определяют требуемым количеством температурных циклов в ходе испытания и продолжительностью одного температурного цикла.

Преобразование формулы (В.1) и представление ресурсного соотношения $(t_{test})/(t_{life})$ с помощью формулы

$$L_v = \frac{N_{1test}}{N_{prac}}, \tag{В.2}$$

что дает

$$N_{1test} = N_{prac}\left(\frac{\ln(1-P_A)\frac{1}{n}}{\ln R}\right)^{\frac{1}{\beta}}, \tag{В.3}$$

где L_v — ресурсное соотношение, т. е. отношение количества циклов испытания к требованию срока службы;

N_{1test} — требуемое количество температурных циклов в испытании с повышением температуры на практике;

N_{prac} — количество температурных циклов, происходящих на практике: 7 300 (за 10 лет);

P_A — уровень доверительной вероятности (допускаемый): 0,9;

n — количество ИУ: 45 (небольшие и простые ИУ);

R — вероятность безотказной работы (заданная): 0,99;

β — параметр формы распределения Вейбулла, например для катушки с пластиковым покрытием (определено экспериментом): 3.

Примечание — Показатель β может быть получен в ходе ресурсных испытаний. Он зависит от разброса параметров при производстве ИУ.

Результатом расчета формулы (В.3) с приведенными выше значениями является N_{1test} = 12 558, т. е. для практической нагрузки ΔT = 70 К необходимо 12 558 циклов испытаний, чтобы обеспечить заданную надежность R = 0,99 (дополнительное условие: отсутствие отказов).

Такая продолжительность испытания недопустима, поэтому ее можно сократить за счет допустимого увеличения нагрузки (см. В.3.2.5).

B.3.2.5 Увеличение нагрузки

Методом расчета, подходящим для повышенной нагрузки, является формула Коффина-Мэнсона. Для рассматриваемого случая используют формулу

$$N_{2test} = N_{1test}\left(\frac{\Delta T_{prac}}{\Delta T_{test}}\right)^{K}, \quad \text{(B.4)}$$

где N_{2test} — количество циклов испытания с возрастанием температуры;

N_{1test} — количество циклов испытания с практическим повышением температуры;

ΔT_{prac} — практическое повышение температуры: 70 К;

ΔT_{test} — повышение температуры испытания: 160 К (от минус 40 °С до плюс 120 °С, это максимально допустимые температуры);

K — показатель степени, зависящий от механизма разрушения, например для катушки с пластиковым покрытием: 5 [определено в эксперименте, градиент S-N (зависимость нагрузки от количества циклов)].

Примечание — Показатель K может быть получен в ходе ресурсных испытаний при различных уровнях нагрузки. Практический опыт показывает на типичные значения в диапазоне от 2 до 8.

При приведенных выше значениях результат расчетов $N_{2\,test}$ = 200 циклов; поскольку K = 5 является высоким показателем, небольшие повышения температуры можно не учитывать.

B.3.3 Выводы

С помощью ресурсных испытаний определяют надежность по следующим факторам (обычно указывают требуемый срок эксплуатации с соответствующей минимальной надежностью).

«Поведение при отказе» (параметр распределения Вейбулла) оказывает существенное влияние на результат: более высокий уровень отказов сокращает продолжительность испытания.

Большое влияние оказывает количество ИУ, особенно при низком уровне отказов.

Чрезмерные требования к уровню достоверности приводят к увеличению продолжительности испытания и увеличению количества ИУ.

Описанный метод используют, если имеются признаки отказа из-за износа или усталости, если при испытаниях допустимо значительное увеличение нагрузки. Это применимо к механическим и электромеханическим изделиям.

Этот метод не может быть использован для электронных компонентов, поскольку более частые случайные отказы (параметр распределения Вейбулла ≈ 1) приводят к чрезмерно расширенному испытанию (в части количества ИУ и продолжительности испытания), а увеличение нагрузки (например, повышение температуры) возможно лишь в умеренной степени.

Приложение С
(справочное)

Пример классификации компонента по массе

В таблице С.1 приведен пример классификации компонента по массе. Данная классификация не предназначена для строгого применения, и класс массы, подходящий для ИУ, выбирают по согласованию между заказчиком и поставщиком.

Таблица С.1 — Классификация компонентов по массе и типовых компонентов/оборудования

Классификация по массе[a]	Масса компонента m, кг	Типовой компонент/оборудование
Маленькие и легковесные ИУ	$m < 2$	Электронный контроллер Приборное оборудование
Большие и тяжелые ИУ	$m \geq 2$	Электромотор Инвертор Преобразователь постоянного тока Вспомогательные компоненты, например кондиционер Генератор переменного тока Встроенный стартер-генератор Тормозной насос Электрический рулевой механизм
[a] По согласованию между заказчиком и поставщиком каждый класс может быть присвоен на основе измерений термических и/или динамических характеристик ИУ.		

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 6469-3	IDT	ГОСТ Р ИСО 6469-3-2020 «Транспорт дорожный на электрической тяге. Требования безопасности. Часть 3. Электробезопасность. Электрические цепи электрораспределительных систем и электропроводящие вспомогательные электрические системы»
ISO 16750-2	—	*
ISO 16750-3	—	*
ISO 16750-4	—	*
ISO 16750-5	—	*
ISO 20653	—	*
ISO 21498-1	—	*
ISO 21780	—	*
EN 13018	IDT	ГОСТ Р ЕН 13018—2014 «Контроль визуальный. Общие положения»

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] ISO 6469-1, Electrically propelled road vehicles — Safety specifications — Part 1: Rechargeable energy storage system (RESS) (Транспорт дорожный на электрической тяге. Требования безопасности. Часть 1. Системы накопления энергии перезаряжаемые)

[2] IEC 60068-1:2013, Environmental testing — Part 1: General and guidance (Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство)

[3] IPC-A-610, Acceptability of Electronic Assemblies

[4] IPC-J-STD-001, Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies

УДК 658.562.47:006.354 ОКС 43.060.40

Ключевые слова: внешние факторы воздействия, методы испытаний, электрическое и электронное оборудование

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 05.06.2025. Подписано в печать 17.06.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,71.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

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