ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 60.2.3.1— 2021 (ISO/TR 23482-1: 2020)

Роботы и робототехнические устройства

СЕРВИСНЫЕ РОБОТЫ ПО ПЕРСОНАЛЬНОМУ УХОДУ

Методы испытаний безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ Р 60.2.2.1—2016

(ISO/TR 23482-1:2020, Robotics — Application of ISO 13482 — Part 1: Safety-related test methods, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным автономным научным учреждением «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК) совместно с Обществом с ограниченной ответственностью «Открытая Робототехника» (ООО «Открытая Робототехника») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии документа, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 141 «Робототехника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2021 г. № 1577-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному документу ISO/TR 23482-1:2020 «Робототехника. Применение ИСО 13482. Часть 1. Методы испытаний, связанные с безопасностью» (ISO/TR 23482-1:2020 «Robotics — Application of ISO 13482 — Part 1: Safety-related test methods», MOD) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного документа для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5) и для увязки с наименованиями, принятыми в существующем комплексе национальных стандартов Российской Федерации.

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном документе, приведены в дополнительнм 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, 2020
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

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 Условия проведения испытаний 3
4.1 Общие положения 3
4.2 Условия окружающей среды 3
4.3 Поверхность испытательной дорожки 3
4.4 Безопасность персонала, участвующего в испытаниях 3
5 Образцы для проведения испытаний 4
6 Испытание для оценки характеристик физических опасностей (универсальное) 5
6.1 Напряжение на доступных пользователю частях 5
6.2 Акустический шум 6
6.3 Температура поверхности 7
7 Испытание для оценки характеристик физических опасностей (для мобильных роботов) 9
7.1 Характеристики травм при столкновении 9
7.2 Испытание управления по усилию при намеренном или ненамеренном столкновении с препятствием 10
8 Испытание для оценки характеристик физических опасностей (для роботов для оказания физической помощи закрепляемого типа) 11
8.1 Принцип 11
8.2 Оборудование 14
8.3 Порядок проведения испытаний 15
9 Испытание для оценки характеристик стойкости (универсальное) 16
9.1 Стойкость к изменениям температуры/влажности внешней среды и вибрации в комбинации с этими изменениями 16
9.2 Износостойкость при движении (для мобильных роботов) 17
10 Испытание для оценки характеристик стойкости (для мобильных роботов) 20
10.1 Стойкость к удару при столкновении 20
11 Испытание для оценки характеристик статической устойчивости 20
11.1 Принцип 20
11.2 Оборудование 20
11.3 Порядок проведения испытаний 20
12 Испытание для оценки характеристик динамической устойчивости подвижных частей (для мобильных роботов) 21
12.1 Принцип 21
12.2 Оборудование 21
12.3 Порядок проведения испытаний 21
13 Испытание для оценки характеристик динамической устойчивости при передвижении (для мобильных роботов) 22
13.1 Общие положения 22
13.2 Испытание устойчивости на ровной поверхности 22
13.3 Испытание устойчивости на наклонной поверхности 24
13.4 Испытания устойчивости на ступенях и трещинах 27
14 Испытание функций управления, связанных с безопасностью (универсальное) 31
14.1 Испытание интеграции защитной электрочувствительной аппаратуры (ЗЭЧА) 31
14.2 Испытание работы в скользких средах 33
14.3 Защищенность от электромагнитного излучения 34
15 Реакция на расположенные на земле препятствия, связанные с безопасностью (для мобильных роботов) 34
15.1 Расстояние защитной остановки 34
15.2 Расстояние и скорость при управлении скоростью, связанным с безопасностью 37
15.3 Расстояние остановки перед возвышенностью 38
15.4 Расстояние остановки перед впадиной 40

16 Испытание локализации и навигации, связанных с безопасностью 42
16.1 Принцип 42
16.2 Оборудование 42
16.3 Порядок проведения испытания 43
17 Испытание правильности автономных решений и действий (универсальное) 43
17.1 Общие положения 43
17.2 Идентификация объекта 44
18 Командные устройства (универсальные) 44
18.1 Безопасная работа в случае подключения, отключения или переключения командного устройства 44
18.2 Реакция на несколько командных устройств или на непредназначенное командное устройство 45
18.3 Безопасная работа в случае потери связи с беспроводным или отсоединяемым командным устройством 45
19 Отчет об испытаниях 46
Приложение А (справочное) Модель для испытаний без водителя самобалансирующегося робота для перевозки людей 47
Приложение В (справочное) Примеры формы отчета о результатах испытаний 48
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном документе 51
Библиография 52

Введение

Требования стандартов комплекса ГОСТ Р 60 распространяются на роботов и робототехнические устройства. Их целью является повышение интероперабельности роботов и их компонентов, а также снижение затрат на их разработку, производство и обслуживание за счет стандартизации и унификации процессов, интерфейсов, узлов и параметров.

Стандарты комплекса ГОСТ Р 60 представляют собой совокупность отдельно издаваемых стандартов. Стандарты данного комплекса относятся к одной из следующих тематических групп: «Общие положения, основные понятия, термины и определения», «Технические и эксплуатационные характеристики», «Безопасность», «Виды и методы испытаний», «Механические интерфейсы», «Электрические интерфейсы», «Коммуникационные интерфейсы», «Методы моделирования и программирования», «Методы построения траектории движения (навигация)», «Конструктивные элементы». Стандарты любой тематической группы могут относиться как ко всем роботам и робототехническим устройствам, так и к отдельным группам объектов стандартизации — промышленным роботам в целом, промышленным манипуляционным роботам, промышленным транспортным роботам, сервисным роботам в целом, сервисным манипуляционным роботам, сервисным мобильным роботам, а также к морским робототехническим комплексам.

Настоящий стандарт относится к тематической группе «Виды и методы испытаний» и распространяется на сервисных роботов по персональному уходу.

Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному документу ISO/TR 23482-1:2020, разработанному техническим комитетом ИСО/ТК 299 «Робототехника».

В настоящий стандарт внесены следующие технические отклонения по отношению к ISO/TR 23482-1:2020:

- настоящий стандарт оформлен с соблюдением правил, установленных в ГОСТ Р 1.5, в соответствии с ГОСТ Р 1.7—2014, 7.2;
- нормативные ссылки на международные стандарты заменены на соответствующие идентичные национальные и межгосударственные стандарты;
- в разделе 3 определения терминов приведены в соответствии с идентичными национальными стандартами;
- в пункт 6.2.2 добавлено перечисление *d*), т. к. в соответствии с порядком проведения испытания следует проверять скорость движения робота, а для этого необходим секундомер;
- текст на рисунке 4 приведен в соответствие с текстом стандарта;
- в пункте 13.3.3 перечисления e) и f) объединены в одно перечисление e);
- в настоящий стандарт не включены справочные приложения A, B и E примененного международного документа, содержащие ориентировочные справочные данные, не имеющие непосредственного отношения к методам испытаний, а также пункты 6.2.4, 6.3.4, 7.1.4, 7.2.4, 8.4, 9.1.6, 9.2.4, 11.4 и 13.5, содержащие только ссылки на приложение A. Соответственно, приложения C и D примененного международного документа в настоящем стандарте имеют обозначения A и B;
- в библиографию не включены ссылки на международные стандарты, которым соответствуют идентичные национальные и межгосударственные стандарты, приведенные в разделе 2 настоящего стандарта.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Роботы и робототехнические устройства

СЕРВИСНЫЕ РОБОТЫ ПО ПЕРСОНАЛЬНОМУ УХОДУ

Методы испытаний безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ Р 60.2.2.1—2016

Robots and robotic devices. Service robots for personal care. Safety-related test methods for compliance with the requirements of GOST R 60.2.2.1—2016

Дата введения — 2022—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет методы испытаний роботов по персональному уходу на соответствие требованиям безопасности, установленным в *ГОСТ Р 60.2.2.1*. Роботы, на которых распространяются требования настоящего стандарта, соответствуют роботам, на которых распространяются требования *ГОСТ Р 60.2.2.1*.

Изготовитель робота выбирает испытания и параметры испытаний на основании оценки риска для конструкции и области применения робота. Оценка риска помогает определить, какие испытания и параметры испытаний следует провести помимо тех, которые определены в настоящем стандарте.

Не все методы испытаний применимы ко всем типам роботов. Методы испытаний, помеченные признаком «универсальный», применимы ко всем типам роботов по персональному уходу. В заголовке остальных методов указано, к каким типам роботов данное испытание может быть применено (например, «для носимых роботов» или «для мобильных роботов»).

Некоторые методы испытаний могут быть заменены методами испытаний, установленными в других стандартах, даже если они не упомянуты в настоящем стандарте.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ISO 11202—2016 Шум машин. Определение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках с приближенными коррекциями на свойства испытательного пространства

ГОСТ IEC 61000-4-3 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-3. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к излучаемому радиочастотному электромагнитному полю

ГОСТ IEC 61000-4-4 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-4. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к электрическим быстрым переходным процессам (пачкам)

ГОСТ IEC 61000-4-5 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-5. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к выбросу напряжения

ГОСТ IEC 61000-4-8[1)] *«Электромагнитная совместимость. Часть 4-8. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты*

[1)] Дата введения — 1 декабря 2023 г.

Издание официальное

ГОСТ IEC 61326-3-1 Электрическое оборудование для измерения, управления и лабораторного применения. Требования ЭМС. Часть 3-1. Требования помехоустойчивости для систем, связанных с безопасностью, и оборудования, предназначенного для выполнения функций, связанных с безопасностью (функциональная безопасность). Общие промышленные применения

ГОСТ Р 60.1.2.3—2021/ИСО 15066:2016 Роботы и робототехнические устройства. Требования безопасности для роботов, работающих совместно с человеком

ГОСТ Р 60.2.2.1—2016/ИСО 13482:2014 Роботы и робототехнические устройства. Требования безопасности для роботов по персональному уходу

ГОСТ Р ИСО 7176-1—2018 Кресла-коляски. Часть 1. Определение статической устойчивости

ГОСТ Р ИСО 7176-8 Кресла-коляски. Часть 8. Требования и методы испытаний на статическую, ударную и усталостную прочность

ГОСТ Р ИСО 7176-10 Кресла-коляски. Часть 10. Определение способности кресел-колясок с электроприводом преодолевать препятствия

ГОСТ Р ИСО 7176-11 Кресла-коляски. Часть 11. Испытательные манекены

ГОСТ Р ИСО 7176-13 Кресла-коляски. Методы испытаний для определения коэффициента трения испытательных поверхностей

ГОСТ Р ИСО 7176-21 Кресла-коляски. Часть 21. Требования и методы испытаний для обеспечения электромагнитной совместимости кресел-колясок с электроприводом и скутеров с зарядными устройствами

ГОСТ Р ИСО 7250-1 Эргономика. Основные антропометрические измерения для технического проектирования. Часть 1. Определения и основные антропометрические точки

ГОСТ Р ИСО 10535—2010 Подъемники для инвалидов. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р МЭК 60068-2-2 Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-2. Испытания. Испытание B: Сухое тепло

ГОСТ Р МЭК 60204-1 Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования

ГОСТ Р МЭК 61032 Защита людей и оборудования, обеспечиваемая оболочками. Щупы испытательные

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 *ГОСТ Р 60.2.2.1*, а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1

автономность (autonomy): Способность выполнять задачи по назначению на основе текущего состояния и восприятия внешней среды без вмешательства человека.

[*ГОСТ Р 60.0.0.4—2019*, статья 2.2]

3.2

оператор (operator): Лицо, уполномоченное запускать, контролировать и останавливать выполнение заданной операции роботом или робототехническим комплексом.

[*ГОСТ Р 60.0.0.4—2019*, статья 2.17]

3.3 **защитная электрочувствительная аппаратура**, ЗЭЧА (electro-sensitive protective equipment, ESPE): Комплекс устройств и/или компонентов, действующих совместно с целью защитного отключения или обнаружения присутствия, включающий, как минимум:

- чувствительное устройство;
- устройства управления/контроля;
- коммутационные устройства выходного сигнала и/или информационного интерфейса, связанного с безопасностью.

Примечания

1 Система управления, связанная с безопасностью, объединенная с ЗЭЧА, или ЗЭЧА сама по себе может содержать вторичное коммутационное устройство, функцию подавления, монитор ограничения работоспособности и т. д.

2 — Коммуникационный интерфейс, связанный с безопасностью, может быть встроен в одну оболочку с ЗЭЧА.

4 Условия проведения испытаний

4.1 Общие положения

В данном разделе представлены типичные условия эксплуатации для помещений. Если применимо, то испытания проводят при самых тяжелых условиях эксплуатации.

Если не указано иное, то робот во всех испытаниях должен быть полностью собран, заряжен и работоспособен в соответствии со спецификациями изготовителя. Все тесты самодиагностики должны быть успешно выполнены.

4.2 Условия окружающей среды

При проведении всех испытаний следует поддерживать следующие условия окружающей среды:

- температура от 10 °С до 30 °С;
- относительная влажность от 0 % до 80 %.

Если условия окружающей среды, указанные изготовителем, отличаются от приведенных выше значений, то это должно быть отражено в протоколе испытаний.

4.3 Поверхность испытательной дорожки

Значение коэффициента трения поверхности испытательной дорожки должно быть в пределах от 0,75 до 1,0 (см. *ГОСТ Р ИСО 7176-13)*, если иное не указано изготовителем.

4.4 Безопасность персонала, участвующего в испытаниях

4.4.1 Общие положения

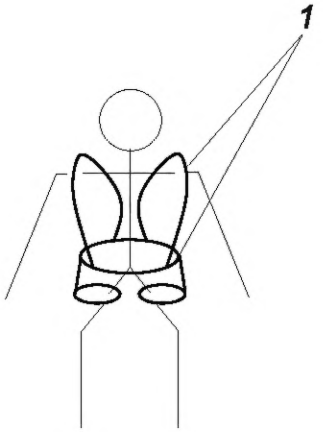
При подготовке и проведении испытаний по верификации и валидации, персонал, участвующий в испытаниях, должен быть защищен, насколько это возможно, от любых рисков, исходящих от робота и испытательного оборудования. Особое внимание следует уделить случаям, когда в процессе испытаний возникают опасные ситуации, такие как столкновения и неустойчивость робота.

Насколько возможно, испытания следует проводить дистанционно без присутствия людей вблизи робота. Присутствие и вмешательство людей, насколько это возможно, следует имитировать с помощью манекенов.

Если человек при испытаниях не может быть заменен манекеном или автоматическим устройством, то должна быть проведена тщательная оценка риска для идентификации возможных опасностей, которые могут возникнуть во время испытаний. При необходимости персонал, участвующий в испытаниях, должен быть одет в защитные средства для снижения рисков от столкновения и падения.

4.4.2 Защитное снаряжение

Оператор, проводящий испытание робота для перевозки человека и робота для оказания физической помощи, может подвергнуться опасности падения. В дополнение к традиционным средствам безопасности, таким как шлем, наколенники и налокотники, оператор должен быть оснащен подвесным защитным снаряжением, закрепленным на опорной конструкции над поверхностью испытательной дорожки, если ожидаемый риск является неприемлемым (рисунок 1).

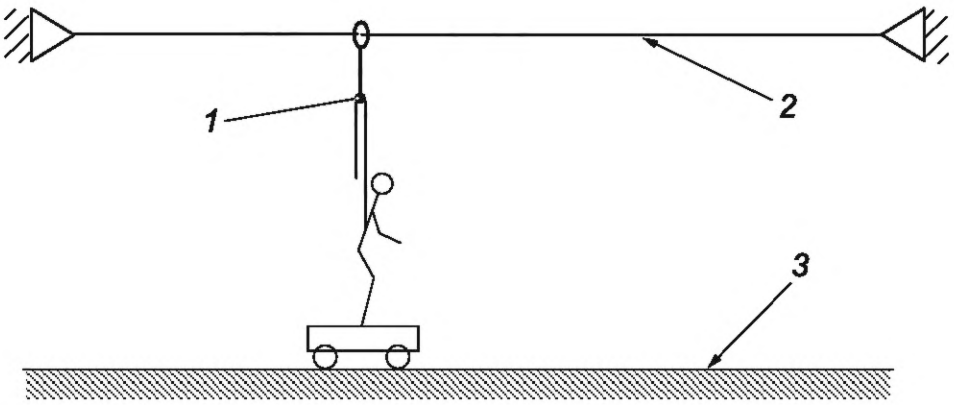


1 — жилет безопасности

Рисунок 1 — Пример реализации защитного снаряжения

Защитное снаряжение должно иметь достаточную надежность, эквивалентную снаряжению, используемому при высотных работах. Кабель, соединенный с опорной конструкцией, должен иметь достаточную эластичность и должен быть подогнан по длине, чтобы предотвратить падение оператора на землю. Верхняя опорная конструкция должна быть выполнена в виде жесткой направляющей или гибкого кабеля, по которому перемещается таль. Таль может быть моторизованной, чтобы отслеживать движение оператора (рисунок 2).

Примечание — В [*3*] определены конструкция и характеристики защитного снаряжения персонала для защиты от падения с высоты.



1 — подвижное устройство; *2* — направляющая штанга; *3* — поверхность испытательной дорожки

Рисунок 2 — Пример верхней опорной конструкции и тали

5 Образцы для проведения испытаний

Образец для проведения испытаний, которым может быть робот или его компонент, должен представлять проверяемую конструкцию.

Примечания

1 Если испытуемый образец вышел из строя, то он может быть отремонтирован или заменен между испытаниями.

2 Некоторые функции образца могут быть намеренно отключены или отрегулированы, когда для проведения испытания требуются нестандартные условия, например, датчик обнаружения препятствия мобильного робота может быть отключен при испытании на упругий удар при столкновении.

6 Испытание для оценки характеристик физических опасностей (универсальное)

6.1 Напряжение на доступных пользователю частях

6.1.1 Принцип

В данном испытании измеряют напряжения, присутствующие на доступных пользователю частях робота для того, чтобы проверить элементы конструкции, защищающие от «контакта с частями робота, находящимися под напряжением» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.3.1.1).

Данное испытание применяют ко всем роботам, приводимым в действие с помощью электрической энергии.

Испытание состоит из двух этапов:

a) выявление доступных частей;

b) измерение напряжения, присутствующего на доступных частях.

При испытании используют оборудование трех видов:

- испытательные щупы;
- динамометрический датчик или ограничитель усилия, присоединенный к испытательным щупам;
- вольтметр.

Данное испытание следует проводить один раз на новом роботе и один раз на испытуемом образце, имеющем наработку не менее 10 % от срока службы робота. Испытуемый образец должен быть тщательно проверен на наличие признаков износа, которые могут иметь одно из следующих последствий:

- повреждение кабелей, соприкасающихся с частями, которые могут оказаться под напряжением;
- повреждение защитных кожухов, что может привести к тому, что больше частей робота становятся доступными.

В случае, когда другие испытания, установленные в настоящем стандарте, приводят к серьезным повреждениям робота или некоторых его частей (например, испытания на столкновения), рекомендуется повторить данное испытание, если могут возникнуть новые опасности.

6.1.2 Оборудование

a) Испытательный щуп (кодировка пробников по *ГОСТ Р МЭК 61032*). Щуп может быть шарнирного типа (код B), нешарнирного типа (код 11) и шарнирного типа малого диаметра, если необходимо испытаний для детей (код 18 или 19).

b) Динамометрический датчик или специально изготовленный направляющий шаблон. Динамометрический датчик должен быть способен измерять сжимающее усилие. Направляющий шаблон, например ограничитель, который может быть удален при приложении заданного сжимающего усилия.

c) Вольтметр.

6.1.3 Порядок проведения испытания

a) Обследование доступных частей. Доступные части токопроводящих участков, к которым относят части робота, доступные для пользователя, выявляют с помощью указанных ниже действий. Доступ к таким частям может иметь место при эксплуатации в рабочем режиме и при техническом обслуживании, осмотре и т. д. (Объем работ по техническому обслуживанию и осмотру, выполняемых пользователем, устанавливает изготовитель в руководстве пользователя.)

1) Открывание крышек и дверец, которые могут быть открыты без использования инструментов, ключей и т. п.

2) Визуальный осмотр доступного участка.

3) Оценка доступности с помощью шарнирного испытательного щупа. Испытательный щуп вставляют в отверстия на роботе с усилием не более 1 Н. Испытательный щуп вставляют в отверстия на глубину, на которую это позволяет сделать испытательный щуп с помощью вращения и изменения угла ввода перед, во время и после вставления щупа в отверстие. Если отверстие не позволяет вставить в него испытательный щуп, прикладываемое к испытательному щупу усилие в прямом направлении увеличивают до 20 Н. Если при этом испытательный щуп входит в отверстие, то испытание повторяют при вставлении щупа под углом.

При необходимости используют нешарнирный испытательный щуп, прикладывая к нему усилие 10 Н ± 1 Н или больше, если это указано изготовителем.

b) Измерение электрического потенциала. Напряжение между выявленной на шаге a) доступной частью и контрольной точкой измеряют при нормальных условиях эксплуатации робота при включен-

ном питании (во время работы, если необходимо). Контрольной точкой электрического потенциала является точка защитного заземления или ее эквипотенциальная точка, если робот оснащен системой защитного заземления, либо, в противном случае, используют точку рабочего заземления или ее эквипотенциальную точку, либо контактную точку отрицательной клеммы источника питания. В местах измерения электрического потенциала стандартное сопротивление между контрольными точками должно составлять 2 кОм или 500 Ом, если предполагается работа в условиях высокой влажности. При этом измеряют электрический ток через это сопротивление или напряжение.

Если режим эксплуатации влияет на то, какие части робота становятся токопроводящими, то измерение выполняют для каждого потенциально опасного режима эксплуатации.

c) Отчет о результатах испытания. Результаты фиксируют с привязкой к чертежу или фотографии проверенного участка.

6.2 Акустический шум

6.2.1 Принцип

В данном испытании измеряют максимальный уровень звукового давления акустического шума, который воздействует на человека, проходящего на расстоянии 1 м от робота, а также воспринимаемого человеком, перевозимым роботом или носящим на себе робота, для того, чтобы проверить элементы конструкции, защищающие от «опасного шума» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016,* 5.7.1.1).

Данное испытание применяют ко всем роботам, издающим звук.

Испытание состоит из трех этапов:

a) программирование модели движения;

b) измерение внешнего шума робота;

c) измерение шума для человека, перевозимого роботом или несущего на себе робота (если применимо), с помощью измерителей звукового давления.

Уровень звукового давления измеряют по шкале A. Допустимый фоновый шум не обязательно устранять при выполнении данного измерения.

6.2.2 Оборудование

a) Поверхность испытательной дорожки. Поверхность испытательной дорожки состоит из прямолинейного измерительного участка длиной 10 м, перед которым расположен участок ускорения достаточной длины для разгона робота до его номинальной скорости. Поверхность дорожки выбирают с целью имитации наихудшей среды для передвижения робота. Фоновый шум на дорожке должен быть изолирован так, чтобы он был по крайней мере на 10 дБ ниже измеряемого уровня шума (например, в соответствии с *ГОСТ ISO 11202—2016*, B.3). Вторичный шум, отраженный от объектов вокруг испытательной дорожки, должен быть полностью подавлен.

b) Точный шумомер (1-го класса) (см. [22]) для измерения внешнего шума от проезжающего робота. Испытание выполняют при расположении микрофонов в соответствии с 6.2.3 b). Микрофоны шумомера должны быть подключены к регистратору данных, способному выполнять частотный анализ.

c) Точный шумомер (1-го класса) для измерения шума для человека, находящегося внутри робота. Шумомер должен быть портативным, чтобы он мог находиться на роботе в процессе испытания. Он должен быть оснащен ветрозащитой и установлен в месте, где расположено ухо человека, перевозимого роботом или носящего на себе робота, в процессе нормальной эксплуатации.

d) Секундомер для определения скорости движения робота.

6.2.3 Порядок проведения испытаний

a) Подготовка модели перемещения робота. Для проверки уровня звукового давления готовят две представленные ниже модели перемещения робота:

1) перемещение по прямолинейному маршруту с поддержанием номинальной скорости при прохождении измерительного участка;

2) перемещение по прямолинейному маршруту с номинальной скоростью в начале измерительного участка, после чего робот выполняет максимальное торможение до полной остановки в средней точке измерительного участка на 1 с, а затем робот разгоняется с максимальным ускорением до номинальной скорости до конца измерительного участка.

Робота программируют для выполнения этих моделей перемещения, если испытывают мобильного обслуживающего робота. Если робот не может быть запрограммирован, то его подготавливают для ручного управления. Человека, которого перевозит робот, или человека, носящего на себе робота, инструктируют как управлять роботом для реализации данных моделей перемещения, если испы-

тывают робота для перевозки человека или робота для оказания физической помощи. В последнем случае за номинальную скорость принимают максимальную скорость движения человека, указанную изготовителем.

Во время измерения проверяют, развил ли робот заданную скорость перемещения.

b) Установка микрофонов шумомера для измерения шума от проезжающего робота. Четыре микрофона шумомера для измерения шума от проезжающего робота размещают на середине измерительного участка испытательной дорожки следующим образом: два микрофона — на высоте 0,2 м над поверхностью дорожки с интервалом 1 м, два других микрофона — на высоте 1,6 м с интервалом 1 м. Все микрофоны должны быть направлены под прямым углом к траектории перемещения робота и размещены на вертикальной панели, установленной на расстоянии 0,5 м от ближайшей точки поверхности робота.

c) Измерение шума от проезжающего робота. Испытуемый робот выполняет две модели перемещения, установленные в a) 1) и a) 2), не менее четырех раз каждую. Уровень звукового давления со значением по быстрой шкале A, измеренный четырьмя микрофонами шумомера регистрируют во время испытания. Шум от проезжающего робота для каждого измерения определяют с помощью усреднения максимальных значений, зафиксированных двумя микрофонами, расположенными на каждой из высот от дорожки. Шум от проезжающего робота для каждой модели перемещения вычисляют как среднее значение всех выполненных измерений. Максимальное значение шума от проезжающего робота из двух моделей перемещения и двух высот расположения микрофонов фиксируют как результат испытания.

d) Измерение шума, который слышит человек, перевозимый роботом или носящий на себе робота. Испытуемый робот выполняет две модели перемещения, установленные в a) 1) и a) 2), не менее четырех раз каждую. В данном испытании измеряют уровень звукового давления со значением по быстрой шкале A с помощью микрофона, установленного в области расположения уха человека, перевозимого роботом или носящего на себе робота при нормальной работе. Шум, воспринимаемый человеком, перевозимым роботом или носящим на себе робота, для каждой модели перемещения, вычисляют как среднюю величину максимальных значений зафиксированного звукового давления. Наибольшее значение шума из двух моделей перемещения регистрируют как результат испытания.

Примечание — Уровень звукового давления усредняют с помощью следующей формулы:

$$L_m = 10\log_{10}\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}10^{L_i/10}\right),$$

где L_m — среднее значение уровня звукового давления, дБ;

L_i — уровень звукового давления, измеренный на i-й попытке, дБ;

n — число попыток.

6.3 Температура поверхности

6.3.1 Принцип

В данном испытании измеряют температуру поверхности робота для того, чтобы проверить элементы конструкции, защищающие от «экстремальной температуры» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.7.4.1).

Данное испытание применяют ко всем роботам.

Испытание состоит из трех этапов:

a) выявление доступных частей;

b) работа робота на максимальной номинальной мощности;

c) измерение температуры поверхности частей с помощью термографической камеры или термопары.

6.3.2 Оборудование

a) Испытательный щуп (кодировка пробников по *ГОСТ Р МЭК 61032*). Щуп может быть шарнирного типа (код B), нешарнирного типа (код 11) и шарнирного типа малого диаметра, если необходимо провести испытание для детей (код 18 или 19).

b) В качестве прибора для измерения температуры следует использовать:

- термографическую камеру, если максимальная или минимальная температура неизвестна заранее или измерения должны быть сделаны за короткое время в нескольких точках;

- точечный термометр, если область, в которой производят измерение, небольшая.

Термопара также может быть использована, если места измерения известны заранее. При этом более тонкий измерительный прибор является предпочтительным, чтобы избежать передачи тепла через термопару.

6.3.3 Порядок проведения испытаний

При определении максимальных температур испытания следует проводить при максимальной допустимой температуре окружающей среды, указанной изготовителем. Если интерес представляют также низкие температуры, то испытания следует повторить при минимальной допустимой температуре окружающей среды.

a) Обследование доступных частей. Части испытуемого робота, доступные пользователю при нормальной эксплуатации и при техническом обслуживании, осмотре и т. д., выявляют с помощью следующих действий (объем работ, выполняемых пользователем при нормальной эксплуатации, техническом обслуживании, осмотре и т. д., указывает изготовитель в руководстве пользователя):

1) открывание крышек и дверец, которые могут быть открыты без использования инструментов, ключей и т. п.;

2) визуальный осмотр доступной области;

3) оценка доступности с помощью шарнирного испытательного щупа.

При необходимости используют нешарнирный испытательный щуп, прилагая давление, указанное изготовителем, либо усилие (10 ± 1) Н.

b) Непрерывная работа испытуемого робота с нагрузкой. Испытание проводят при наихудших ожидаемых условиях вентиляции. Съемные крышки устанавливают на роботе и закрывают все дверцы. Если существует вероятность того, что нагрузка или пассажиры робота будут участвовать в рассеянии тепла, то они должны присутствовать на роботе при испытании, либо должны быть созданы условия, эквивалентные их присутствию. Условия наихудшего варианта вентиляции выбраны для проверки опасных низких температур.

В зависимости от типа испытуемого робота поддерживают следующие установки и режимы эксплуатации.

1) Для мобильного обслуживающего робота или робота для перевозки человека обеспечивают непрерывную работу с максимальной номинальной нагрузкой до тех пор, пока не будет выполнено одно из следующих условий:

- достижение заданной длительности непрерывной работы;

- достижение равновесного состояния после повышения или понижения температуры;

- полностью заряженная батарея на роботе разряжена.

2) Для робота для оказания физической помощи воспроизводят движения как при обычной эксплуатации, указанные изготовителем, без каких-либо специальных приспособлений до тех пор, пока температура не достигнет состояния термического равновесия, либо робот продолжал непрерывно работать до разряда полностью заряженной батареи.

c) Измерение температуры поверхности. Температуру измеряют на доступных частях в точках поверхности с максимальной/минимальной температурой. Измерение должно быть выполнено пока длится состояние термического равновесия, либо непосредственно после того, как робот прекратит движение. Особенно для защищенных частей измерение следует начинать в течение 1 с после открывания крышки, дверцы и т. п. Считывание данных измерения стабильно в течение короткого времени перед тем, как температура значительно изменится. При использовании термографической камеры непрерывное снятие показаний следует выполнить в течение 5 с.

Температуру следует непрерывно контролировать после выключения питания робота в том случае, если робот нагревается после остановки его активной вентиляции.

7 Испытание для оценки характеристик физических опасностей (для мобильных роботов)

7.1 Характеристики травм при столкновении

7.1.1 Принцип

В данном испытании измеряют силы, смещения, скорости и ускорения манекенов, представляющих людей на роботе и пешеходов, при столкновении с роботом для того, чтобы проверить элементы конструкции, защищающие от рисков, вызываемых «столкновением с препятствиями, связанными с безопасностью» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.10.8). Давление и другие физические параметры также могут быть измерены.

Примечание — Могут быть использованы значения болевых порогов, приведенные в *ГОСТ Р 60.1.2.3—2021*, А.3.

Данное испытание применяют ко всем мобильным роботам.

Испытание состоит из трех этапов:

a) выдержка и настройка;

b) столкновение и измерение;

c) обработка данных.

В данном испытании используют три вида оборудования:

- барьер для столкновения;
- испытательная дорожка;
- испытательные манекены.

Один манекен должен быть сбит роботом, а другой манекен, если применимо, должен находиться на роботе в качестве пассажира.

В данном испытании для оценки риска при столкновении робота с пешеходом должны быть заданы максимально опасные ожидаемые условия.

7.1.2 Оборудование

a) Барьер для столкновения. Барьер должен представлять собой стену, способную выдержать столкновение с роботом, расположенную в вертикальной плоскости относительно маршрута движения робота. Поверхность барьера должна быть достаточно жесткой, чтобы не подвергаться деформации при столкновении. Барьер должен быть достаточно надежно закреплен на полу, чтобы его смещение при столкновении было пренебрежимо мало.

b) Испытательная дорожка. Дорожка должна быть ровной, расположена горизонтально и иметь достаточную длину и ширину, чтобы робот мог разогнаться до максимальной скорости. Коэффициент трения для части робота, контактирующей с дорожкой при столкновении, должен соответствовать *ГОСТ Р ИСО 7176-13*.

c) Испытательный манекен, имитирующий тело человека. Биомеханические характеристики (габариты, вес и т. п.) тела человека должны быть воспроизведены как можно точнее для того, чтобы силы, давления, моменты, смещения, скорости, ускорения и другие физические параметры, необходимые для оценки наносимого вреда, могли быть правильно измерены.

Примечание — Тип манекена выбирают в соответствии с предполагаемыми габаритами и весом людей в заданной среде применения робота.

Испытательный манекен должен быть обут в ботинки и может быть также одет в рубашку и брюки. Жесткость шарниров конечностей испытательного манекена настраивают так, чтобы поддерживался их собственный вес, когда конечности расположены горизонтально.

Испытательное оборудование с биомеханическими характеристиками, представленными в *ГОСТ Р 60.1.2.3*, может быть рассмотрено в связи с данными методами испытаний.

7.1.3 Порядок проведения испытаний

a) Манекен выдерживают при заданной комнатной температуре, чтобы стабилизировать его температуру, при которой достигается биологическое соответствие манекена.

b) Испытание проводят при нормальных условиях эксплуатации робота с включенным питанием, либо нормальные условия эксплуатации робота моделируют с помощью внешних движущих сил при выключенном питании робота.

c) Нагрузка робота должна быть максимальной. В случае робота для перевозки человека, манекен должен быть расположен согласно инструкциям изготовителя. Для робота, перевозящего грузы, грузы должны соответствовать инструкциям изготовителя.

d) Робот должен ускориться до заданной скорости на участке ускорения и столкнуться с манекеном, имитирующим пешехода. Должны быть выполнены следующие требования к столкновению.

1) Испытания проводят не менее четырех раз для каждого из следующих условий: первое условие, когда нет барьера, ограничивающего перемещение манекена во время и после столкновения, кроме поверхности дорожки и робота; второе условие, когда манекен находится в контакте с барьером до столкновения; третье условие, когда не связанный ограничениями манекен вдавливается в барьер во время и/или после столкновения.

2) Испытательный манекен, имитирующий пешехода, должен быть расположен прямо по центру маршрута перемещения робота и должен поддерживать вертикальное положение непосредственно перед столкновением с роботом. Испытания выполняют для каждого расположения манекена при столкновении, а именно: столкновение с манекеном, направленным к роботу передом, столкновение со спиной манекена и столкновение с манекеном, стоящим боком. Перемещение манекена после столкновения не должно ограничиваться ничем, кроме барьера, поверхности испытательной дорожки и робота.

3) Как правило, движение робота должно быть направлено прямо вперед. Однако для роботов, способных двигаться не только прямо, испытание выполняют и для других направлений движения, особенно в том случае, если существует направление столкновения, при котором ожидаемая тяжесть травмирования пешехода идентична или более серьезная, чем при движении робота прямо. Особое внимание следует обратить на конструкцию и форму робота, скорость движения и условия размещения человека на роботе.

e) Для робота, перевозящего пассажира, испытание следует выполнить при столкновении с барьерами. Робот должен ускориться до заданной скорости на участке для ускорения и столкнуться с барьером. Для роботов, способных двигаться не только прямо, данное испытание выполняют и для других направлений движения робота в том случае, если существует направление столкновения, при котором нагрузка на пассажира идентична или более серьезная, чем при движении прямо. Особое внимание следует обратить на конструкцию и форму робота, скорость движения и условия размещения человека на роботе.

f) Следует измерить следующие механические параметры каждой части манекена при столкновении:

1) ускорение головы (в продольном, поперечном и вертикальном направлениях);
2) угловую скорость головы (вокруг центра тяжести);
3) осевое усилие шеи;
4) изгибающий момент шеи;
5) смещение груди;
6) нагрузку на таз;
7) нагрузку на ногу;
8) нагрузку на руку.

g) Следует проверить, была ли достигнута заданная скорость движения робота.

h) Для предотвращения влияния гистерезисных особенностей манекена, после каждого испытания необходимо выдерживать временной интервал, рекомендованный изготовителем манекена.

7.2 Испытание управления по усилию при намеренном или ненамеренном столкновении с препятствием

7.2.1 Принцип

В данном испытании измеряют величину усилия/импульса в зоне контакта при намеренном/ненамеренном физическом взаимодействии между препятствием, связанным с безопасностью, и роботом, определенную при оценке риска для того, чтобы убедиться в том, что величина усилия/импульса, при которой робот прекратил движение, не превышает значения, определенного при верификации безопасности столкновения робота с препятствием. Данные по верификации безопасности могут быть взяты из *ГОСТ Р 60.1.2.3* или из других источников, включая результаты современных исследований о безопасности при взаимодействиях между человеком и машиной, если применимо (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 4.3, 5.10.9.1).

Данное испытание применяют ко всем роботам по персональному уходу, использующим управление по усилию для снижения риска при столкновении с препятствием.

7.2.2 Оборудование

a) Контакт-деталь. Контакт-деталь представляет препятствие, связанное с безопасностью, и имитирует податливость связанного с безопасностью препятствия (например, пружинная постоянная для тела человека определена в *ГОСТ Р 60.1.2.3—2021*, приложение А).

b) Датчик усилия. Датчик для измерения контактного усилия, действующего на контакт-деталь. Он должен иметь достаточное быстродействие, чтобы измерить импульс во время столкновения.

c) Датчик давления. Датчик для измерения распределения давления по площади контакта. Его используют в том случае, если измеряют контактное давление, и он должен иметь достаточное быстродействие, чтобы измерить импульс во время столкновения.

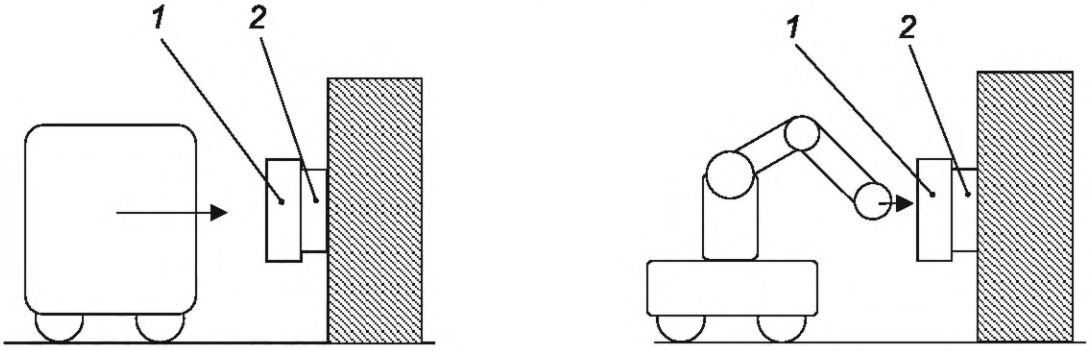
7.2.3 Порядок проведения испытания

a) Контакт-деталь закрепляют на жесткой стене. Датчик давления закрепляют на контактной поверхности контакт-детали или на роботе.

b) Активируют управлением по усилию у робота.

c) Для проверки управления движущимся мобильным роботом по усилию, робота размещают вдоль линии, направленной к контакт-детали, на достаточном расстоянии для того, чтобы робот успел развить максимальную скорость, как показано на рисунке 3 a). В случае управления по усилию подвижным узлом робота, робота размещают непосредственно перед контакт-деталью, как показано на рисунке 3 b).

d) В случае управления по усилию подвижным узлом робота, данный узел должен двигаться по направлению к контакт-детали, как показано на рисунке 3 b).



a) Испытание мобильного робота

b) Испытание подвижного узла

1 — контакт-деталь; *2* — датчик усилия

Рисунок 3 — Испытание управления усилием

e) В случае управления по усилию движущимся мобильным роботом, робот сталкивается с контакт-деталью и останавливается. В случае управления по усилию подвижным узлом робота, данный узел сталкивается с контакт-деталью и останавливается.

f) Регистрируют контактное усилие.

g) Шаги c)—f) повторяют не менее четырех раз.

8 Испытание для оценки характеристик физических опасностей (для роботов для оказания физической помощи закрепляемого типа)

8.1 Принцип

В данном испытании измеряют взаимодействующие силы, давления и смещения/скорости, возникающие на контактных поверхностях при контакте между роботами для оказания физической помощи закрепляемого типа и кожей человека, чтобы обеспечить минимизацию «физической нагрузки или напряжения пользователя» при нормальной эксплуатации (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.9.2.1).

Данное испытание применяют к роботам, имеющим одну или несколько контактных поверхностей, которые должны соприкасаться с телом человека, создавая вероятность концентрации нагрузки на этих участках кожи.

Порядок проведения испытания состоит из трех этапов:

a) Определение состояний контакта и модели максимальной нагрузки на тело человека. Во время данного испытания робот закреплен на операторе, который выполняет заранее заданные модели периодических движений.

b) Подготовка образца для испытаний, имитирующего гиподерму человека. Данный образец для испытаний помещают под манжеты робота для оказания физической помощи, закрепляемые на верхних и нижних конечностях, талии и т. д.; при необходимости между поверхностями манжеты и образца для испытаний, имитирующего гиподерму человека, закрепляют кусок свиной кожи.

c) При необходимости воспроизводят модель максимальной/средней нагрузки, приложенной к образцу для испытаний, имитирующему гиподерму человека, при тех же состояниях контакта, которые определены на шаге a).

Приведенный выше порядок проведения испытания представлен на рисунке 4, где порядок проведения испытания разделен на два случая:

- измерение сил/давлений, если участки концентрации нагрузки могут быть идентифицированы и контролируемы;
- исследование повреждений на образце для испытаний, подготовленном в соответствии с b), если концентрацию нагрузки невозможно хорошо контролировать.

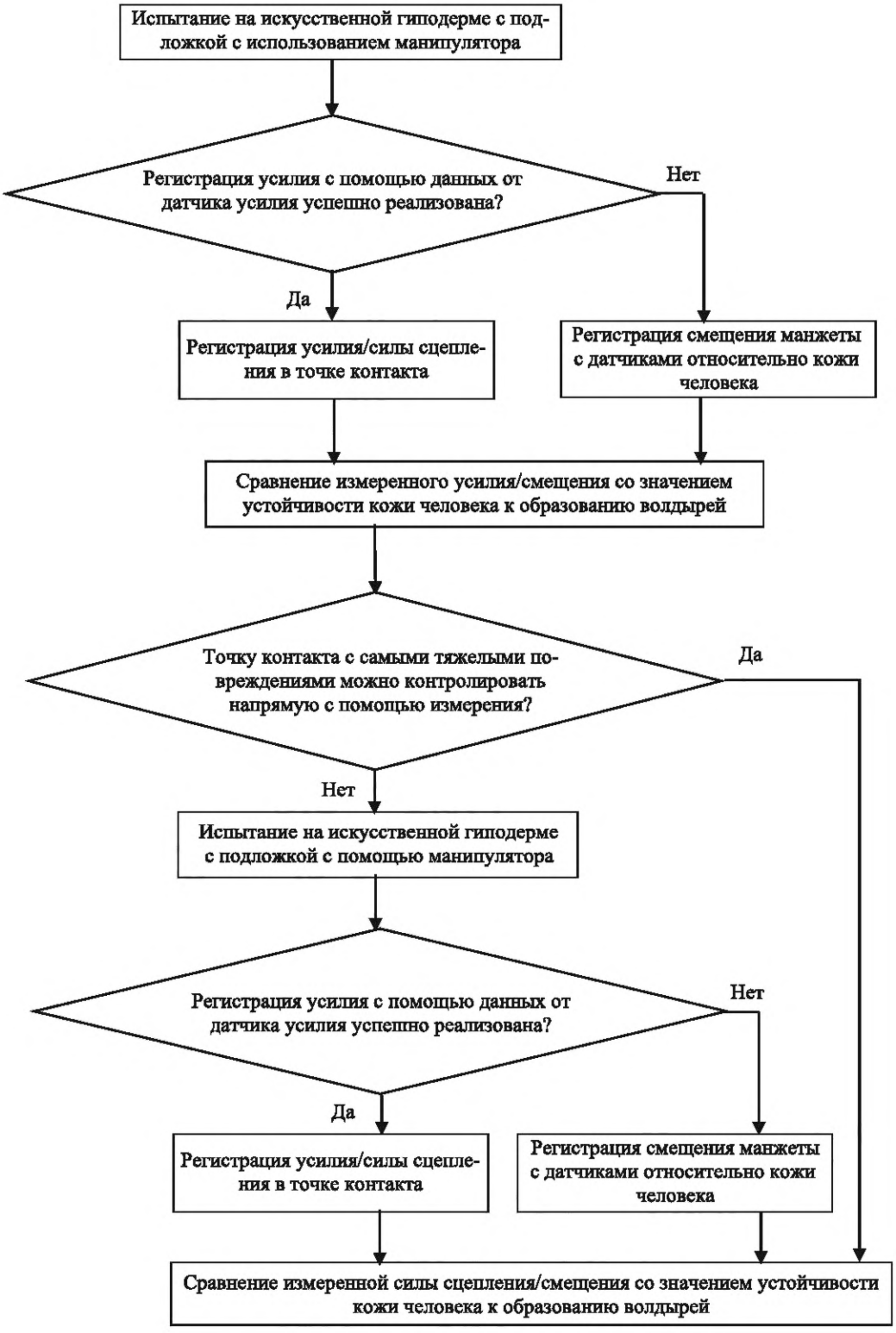


Рисунок 4 — Порядок проведения испытания

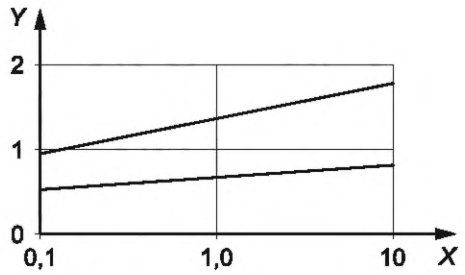
8.2 Оборудование

a) Датчик усилия. Достаточно компактный датчик усилия, например, имеющий размеры от 10 × 10 мм до 20 × 20 мм, используют для измерения контактных усилий/сил сцепления с целью определения максимальной силы сцепления.

b) Макет искусственной кожи, имитирующий гиподерму с подложкой. Форму макета интересующей части тела создают исходя из типичного представителя пользователя данного робота. Макет делают из твердого материала, такого как металл, дерево или пластик. Поверхность макета создают так, чтобы она имитировала профиль поверхности части тела человека, на которой закрепляют манжету робота для оказания физической помощи. В случае, если манжету прикрепляют к плавно изменяющейся части тела человека, такой как бедро, то форму макета можно упростить, формируя промежуток между формами верха и низа данной части тела человека с помощью линейной интерполяции.

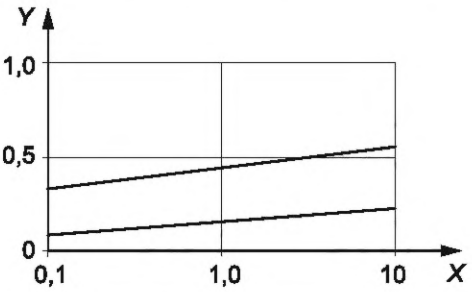
Кусок искусственного материала, механические характеристики которого имитируют характеристики гиподермы с подложкой кожи человека (далее — искусственная гиподерма с подложкой), размещают поверх поверхности макета. Механические характеристики оценивают, чтобы подтвердить следующие абсолютные значения накопления и поглощения сдвигающего усилия, *G'(f)* и *G"(f)*, с их допустимыми изменениями, как показано на рисунках 5 и 6. Абсолютные значения являются функциями частоты в диапазоне от 0,1 Гц до 10 Гц. Макет искусственной гиподермы с подложкой, обладающий такими характеристиками, может быть создан с помощью полиуретанового геля, акриловой липкой ленты и бинта. В приложении В приведен пример конструкции многослойной искусственной гиподермы с подложкой.

Примечание — Абсолютные значения накопления и поглощения сдвигающего усилия в вязкоупругих материалах являются мерой накопленной энергии, представляющей упругую составляющую, и энергии, рассеянной в тепло, представляющей вязкую составляющую, соответственно.



X — частота, Гц; *Y* — *G'* (абсолютное значение поглощения), МПа

Рисунок 5 — Абсолютное значение накопления и поглощения, *G'*(*f*)



X — частота, Гц; *Y* — *G"* (абсолютное значение поглощения), МПа

Рисунок 6 — Абсолютное значение накопления и поглощения, *G"*(*f*)

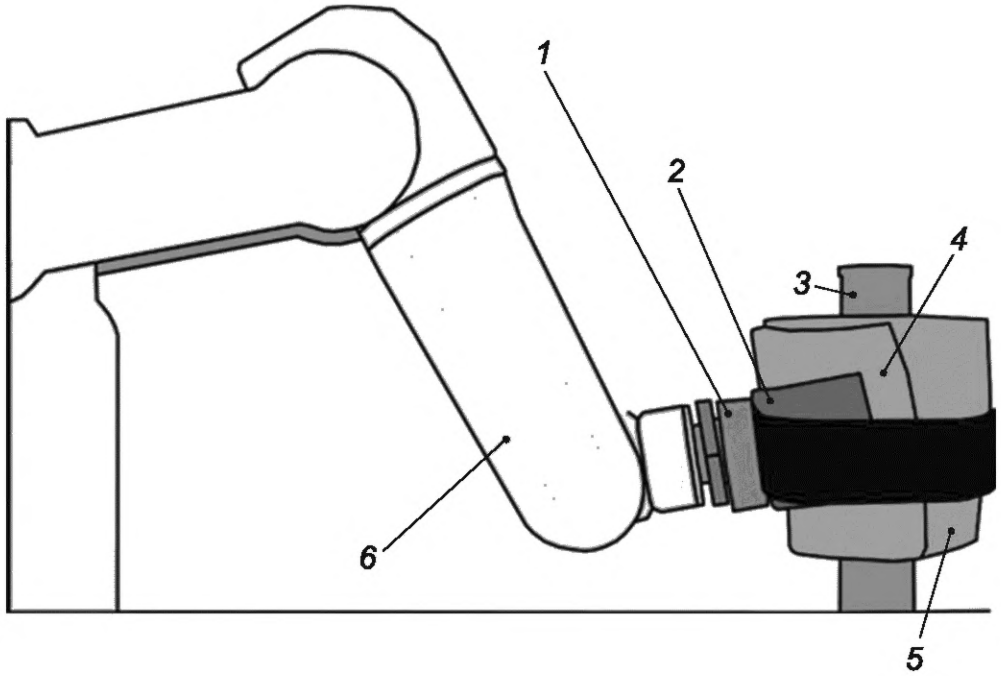
Кроме того, с помощью закрепления куска заменителя кожи на поверхности искусственной гиподермы данный метод испытаний (см. приложение Д) может быть использован как проверочное испытание на образования пузырей из-за нагрузки на кожу.

Макет фиксируют на основании так, чтобы он не двигался при приложении к нему усилия от манипулятора.

c) Манжета с возможностью измерения усилия/давления. Манжета с возможностью измерения усилия имеет форму, имитирующую конструкцию оригинальной манжеты. По крайней мере, она должна иметь возможность измерять сдвигающие усилия/давления на контактной поверхности. Также рекомендуется измерить нормальные усилия/силы сцепления, связанные с образованием язвы. Следует использовать манжету, оснащенную несколькими датчиками усилия, распределенными внутри нее.

d) Манипулятор, способный перемещать манжету. Манипулятор, способный осуществлять движения по одной или нескольким степеням подвижности, должен взять манжету, обладающую силовым очувствлением и описанную в a) (см. рисунок 7), и многократно перемещать ее относительного кожи, следуя предварительно полученным данным о смещении. Число степеней подвижности манипулятора может быть меньше шести, если это позволяет воспроизводить заданное движение.

Многокоординатный датчик усилия размещают между механическим интерфейсом робота и манжетой.



1 — датчики усилия [если не встроены в манжету (см. 8.3 b)]; *2* — манжета, оснащенная датчиками усилия; *3* — основание; *4* — вставленный при необходимости кусок заменителя кожи; *5* — макет, покрытый искусственной гиподермой с подложкой; *6* — манипулятор, способный перемещать манжету

Рисунок 7 — Манипулятор, удерживающий манжету, покрывающую верхнюю/нижнюю конечность

e) Проектирование модели движения манжеты. Модель движения разрабатывают заранее для использования по назначению (например, для встающего и садящегося, идущего или поднимающего предмет человека). Типовая модель силового взаимодействия может быть создана в соответствии с 8.3 a) с помощью мониторинга силовой модели при закреплении манжеты, представленной в 8.2 c) на испытателе.

8.3 Порядок проведения испытаний

a) Формирование модели силового взаимодействия между участком тела человека и манжетой. Силовую модель формируют для дальнейшего использования в качестве эталонных входных данных в процессе, представленном в 8.3 b) 2). Порядок формирования модели для контактной поверхности между участком тела человека и манжетой представлен ниже.

1) Носимый робот. Пользователь надевает робота, манжета которого заменена манжетой, снабженной датчиками и определенной в 8.2 c). Испытание выполняют в предположении, что пользователь обладает средними физическими параметрами типичного пользователя на основе, например, *ГОСТ Р ИСО 7250-1* или указанными изготовителем. Если на физические параметры пользователя

робота наложены ограничения, то после консультаций с изготовителем могут быть внесены изменения в данные условия.

2) Отслеживание модели движения на манжете робота. Робот закреплен на пользователе, который двигается с роботом в обычной манере. В процессе движения пользователя регистрируют либо усилия/силы сцепления, либо относительное смещение манжеты с датчиками относительно кожи человека. В данном случае для регистрации относительного смещения используют устройство мониторинга человека, например, систему фиксации движений. По указанию изготовителя для мониторинга выбирают максимальное или среднее значение.

b) Испытания. Для проверки безопасности манжеты робота выбирают один из двух вариантов испытания, как показано на рисунке 4. В этом нет необходимости, если способность восприятия усилия/силы сцепления можно непосредственно контролировать в точке контакта, в которой повреждение самое тяжелое, как показано на рисунке 4. Следующая последовательность действий относится только к измерению усилия/силы сцепления сдвига искусственной гиподермы с подложкой, представленному в 8.3 b) 2). Испытание с заменителем кожи описано в приложении Е.

1) Подготовка. Макет части тела, покрытый искусственной гиподермой с подложкой, надежно закрепляют на основании. В таком виде макет испытывают.

Воспроизведение области присоединения. Манжету робота, имеющую способность воспринимать усилие/силу сцепления, устанавливают на механическом интерфейсе манипулятора и прикрепляют к поверхности искусственной гиподермы с подложкой.

2) Измерение. Манжету притирают к покрывающей искусственной гиподерме с подложкой до тех пор, пока изменение максимального/среднего значения не станет достаточно малым, что указывает на статистически стабильное состояние движения в точке контакта.

в) Регистрация данных: Данные обрабатывают и регистрируют следующим образом.

Регистрируют данные модели силового взаимодействия в соответствии с 8.3 b) 2) или, возможно, с 8.3 a) 2) при заданном движении, определенном в 8.2 e) для последующего сравнения с данными проверки безопасности.

9 Испытание для оценки характеристик стойкости (универсальное)

9.1 Стойкость к изменениям температуры/влажности внешней среды и вибрации в комбинации с этими изменениями

9.1.1 Общие положения

В данном испытании исследуют видимые повреждения (например, эрозию или коррозию) и функциональные повреждения (например, неисправность системы управления) робота после воздействия на него условий окружающей среды для того, чтобы проверить «ресурс прочности на протяжении его срока службы» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.11.1).

Данное испытание применимо ко всем роботам, но испытание на виброустойчивость следует с осторожностью применять к роботам для оказания физической помощи, т.к. на них воздействует биомеханика пользователей, которую трудно измерить.

Испытание состоит из двух этапов:

a) помещение робота в смоделированную среду и проведение испытания;

b) составление отчета о повреждениях и потере функций.

Условия окружающей среды, воздействие которых может быть испытано, включают температуру, относительную влажность, вибрацию и любую их комбинацию. Испытания могут быть проведены для одного из этих условий или с комбинацией условий. Робот, который проходит комбинированное испытание, считается прошедшим испытание для каждого условия по отдельности.

9.1.2 Испытание на температуру/влажность

9.1.2.1 Испытание при определенной низкой/высокой температуре

Целью данного испытания является определение способности робота работать и храниться при низкой/высокой температуре. Двумя методами проведения испытания являются метод резкого изменения температуры и метод постепенного изменения температуры, которые подробно определены в *ГОСТ Р МЭК 60068-2-2.*

К условиям проведения испытания относятся:

- температура;
- время выдержки;

- скорость изменения температуры;
- допустимые пределы испытания.

Параметры данных условий — по *ГОСТ Р МЭК 60068-2-2*.

Оборудование для проведения испытания соответствует *ГОСТ Р МЭК 60068-2-2*.

9.1.2.2 Испытание в процессе изменения температуры

Целью данного испытания является определение способности робота находиться в условиях постоянно изменяющейся температуры.

Существуют два метода проведения испытания:

- температура изменяется быстро в течение определенного периода времени. Порядок проведения испытания, условия и примечания установлены в [*6*] (метод Na);
- температура изменяется в соответствии с заранее заданной скоростью. Порядок проведения испытания, условия и примечания установлены в [*6*] (метод Nb).

9.1.2.3 Испытание при высокой влажности и высокой температуре окружающей среды

Целью данного испытания является определение способности робота работать, храниться и транспортироваться в условиях относительно высокой влажности при постоянной температуре.

Порядок проведения испытания, условия, оборудование и примечания установлены в [*4*].

9.1.2.4 Испытание при заметном присутствии влаги в окружающей среде

Целью данного испытания является определение способности робота работать, храниться и транспортироваться в условиях заметного присутствия влаги (падающие капли, воздействие воды и погружение в воду).

- Испытание в условиях падающих водяных капель. Данное испытание применимо к роботам, подвергающимся воздействию атмосферных осадков в процессе эксплуатации. Порядок проведения испытания, условия, оборудование и примечания установлены в [*8*] (испытание Ra).
- Испытание в условиях воздействия воды. Порядок проведения испытания, условия, оборудование и примечания установлены в [*8*] (испытание Rb).
- Испытание в условиях погружения. Робот погружен в воду полностью или частично. Порядок проведения испытания, условия, оборудование и примечания установлены в [*8*] (испытание Rc).

9.1.3 Испытание на герметичность

Порядок проведения испытания, условия и примечания установлены в [*7*] (испытание Qd).

9.1.4 Испытание на прочность

- Толчок и удар. Данное испытание применимо к условиям, когда робот испытывает периодически повторяющиеся или разовые удары. Порядок проведения испытания, условия, оборудование и примечания установлены в [*9*].
- Потрясения от неправильного обращения. Целью данного испытания является оценка устойчивости робота к столкновениям, вызванным неправильным обращением и эксплуатацией. Методы испытаний могут быть разделены на опрокидывание и падение. Порядок проведения испытания, условия, оборудование и примечания определены в [*10*].

9.1.5 Испытание давлением

9.1.5.1 Испытание при низком давлении и нормальной температуре

Целью данного испытания является определение способности робота работать и храниться при низком давлении и нормальной температуре. Порядок проведения испытания, условия, оборудование и примечания установлены в [*5*].

9.1.5.2 Испытание при низком давлении и низкой температуре

Целью данного испытания является определение способности робота работать и храниться при низком давлении и постепенно изменяющейся низкой температуре. Порядок проведения испытания, условия, оборудование и примечания установлены в [*11*].

9.1.5.3 Испытание при низком давлении и высокой температуре

Целью данного испытания является определение способности робота работать и храниться при низком давлении и высокой температуре. Порядок проведения испытания, условия, оборудование и примечания установлены в [*12*].

9.2 Износостойкость при движении (для мобильных роботов)

9.2.1 Принцип

В данном испытании изучают видимые повреждения (например, поломка, деформация или разъединение деталей) и функциональные повреждения (например, неисправность системы управления)

робота при непрерывном движении для того, чтобы проверить «ресурс прочности на протяжении его срока службы» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.11.1).

Данное испытание применимо к мобильным роботам, которые потенциально могут нанести вред пользователям из-за механического или функционального повреждения при движении.

Испытание состоит из трех этапов:

a) настройка;

b) выполнение испытательного движения;

c) обследование.

В данном испытании используют три вида оборудования:

- испытательная дорожка;
- испытательный манекен;
- поддерживающее устройство (при необходимости).

Поверхность испытательной дорожки имитирует внешнюю среду при использовании робота по назначению, и обычно для ее реализации используют беговой барабан или бегущую дорожку.

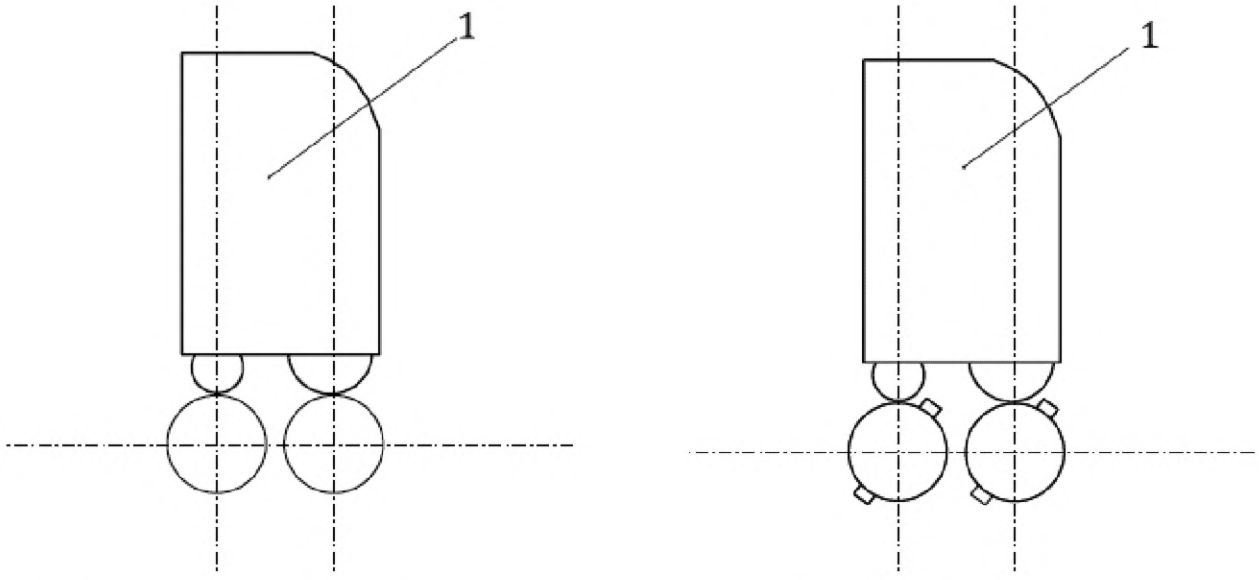
Характеристики испытательного манекена определяют в соответствии с максимально допустимой нагрузкой или весом предполагаемых пользователей.

9.2.2 Оборудование

a) Поверхность испытательной дорожки представляет собой ровную поверхность бесконечной длины, имитирующую внешнюю среду при использовании робота по назначению.

Ровную поверхность бесконечной длины имитируют одним из следующих способов:

- Беговой барабан. Беговой барабан применяют в том случае, если робот контактирует с поверхностью перемещения на небольшом участке, на что не влияет кривизна поверхности барабана. Конструкция бегового барабана соответствует машине для ресурсных испытаний, определенной в *ГОСТ Р ИСО 7176-8*. Для роботов с ожидаемым использованием на открытом воздухе испытание проводят на барабане с поперечными накладками. Для роботов, предназначенных для использования только в закрытых помещениях, испытание проводят на барабане без поперечных накладок (рисунок 8).



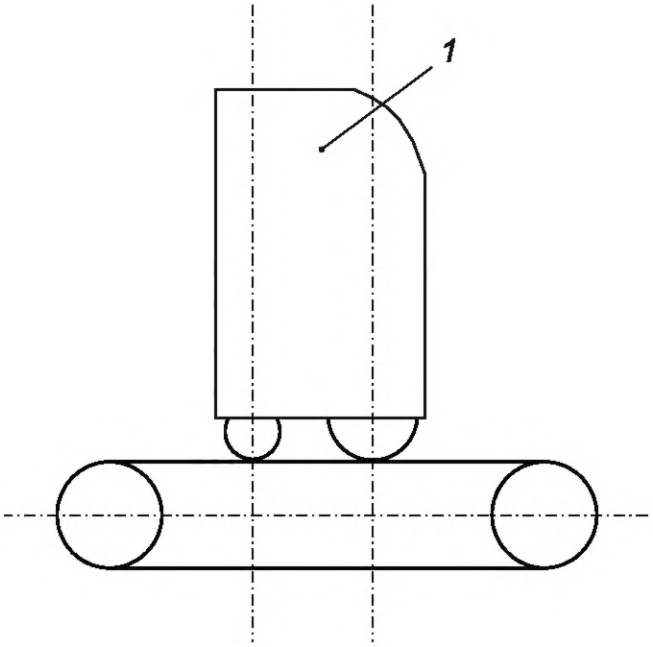
a) Беговой барабан без поперечных накладок (для закрытых помещений)

b) Беговой барабан с поперечными накладками (для открытого воздуха)

1 — робот

Рисунок 8 — Испытательная машина типа бегового барабана

- Бегущая дорожка (разные типы) (рисунок 9). Бегущую дорожку применяют для всех типов роботов, кроме тяжелых роботов или роботов, предназначенных для использования на неровных поверхностях (рисунок 9).



1 — робот

Рисунок 9 — Испытательная машина типа бегущей дорожки

b) Испытательный вес

- Испытательный манекен. Вес манекена должен имитировать вес человека, размещенного на роботе или носящего на себе робота, где это применимо. Общий вес должен быть равным максимальному весу предполагаемого пользователя.

В зависимости от механизма передвижения робота может потребоваться имитировать распределение массы тела и кинематику пользователя.

- Нагрузка. Вес нагрузки должен имитировать максимальный вес, указанный для нагрузки на робота.

Примечания

1 В *ГОСТ Р ИСО 7176-11* определен весовой манекен для испытаний инвалидных колясок.

2 В *ГОСТ Р ИСО 10535—2010*, 4.10.2.7 определены позиции размещения нагрузки для ресурсных испытаний подъемных механизмов.

c) Поддерживающее устройство (факультативно). Если робот (например, экзоскелет или двухколесный робот) не способен самостоятельно поддерживать свое пространственное расположение, то применяют поддерживающее устройство, позволяющее поддерживать пространственное расположение робота. Поддерживающее устройство удерживает робота или манекен, на котором закреплен робот. Важно, чтобы данное устройство не мешало движению и нагрузке робота.

9.2.3 Порядок проведения испытаний

a) Робота помещают на испытательную дорожку. Если робот может перевозить пассажиров или быть носимым пользователем, то вместе с роботом используют испытательный манекен.

b) Робот движется по испытательной дорожке с указанной изготовителем скоростью до достижения лимита времени или расстояния, указанного изготовителем. В качестве движущей силы может быть использован внешний источник энергии.

c) Регистрируют видимые повреждения, такие как трещины, деформации, расшатанность или разъединение деталей, и изменения в функционировании робота.

10 Испытание для оценки характеристик стойкости (для мобильных роботов)

10.1 Стойкость к удару при столкновении

10.1.1 Принцип

В данном испытании изучают видимые повреждения (например, трещина, деформация или разъединение деталей) и функциональные повреждения (например, неисправности системы управления) робота после столкновения для того, чтобы проверить «ресурс прочности на протяжении его срока службы», учитывая «максимальные условия эксплуатации, соответствующие работе в экстремальных ситуациях» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.11.1).

Данное испытание применимо ко всем мобильным роботам.

Испытание состоит из трех этапов:

a) настройка;

b) столкновение;

c) обследование.

Столкновение реализуют с помощью метода, определенного в 7.1.

10.1.2 Оборудование и порядок проведения испытаний

a) Испытание проводят в соответствии с 7.1, но робот сталкивается непосредственно с барьером без манекена человека.

b) После столкновения конструкцию робота обследуют с целью регистрации повреждения, деформации, биения или расшатанности/выпадения деталей.

c) После столкновения изучают и регистрируют видимые и функциональные повреждения.

11 Испытание для оценки характеристик статической устойчивости

11.1 Принцип

В данном испытании проверяют устойчивость робота в статически наклонном состоянии с помощью контроля за его падением или выпадением нагрузки для того, чтобы убедиться в том, что конструкция робота «минимизирует механическую неустойчивость» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.10.2.1).

Данное испытание применимо ко всем роботам, которым необходима механическая устойчивость, чтобы избежать нанесения вреда.

Испытание состоит из двух этапов:

a) размещение робота на наклонной поверхности;

b) обследование.

В данном испытании используют два вида оборудования:

- наклонная поверхность;
- испытательный манекен, представляющий перевозимого роботом человека (при необходимости).

11.2 Оборудование

Наклонная поверхность. Испытательная плоскость должна иметь достаточно большие размеры для того, чтобы разместить на ней робота и нагрузку (при необходимости) во время испытания.

11.3 Порядок проведения испытаний

a) Роботу придают устойчивое состояние, и он поддерживает свое положение всегда перпендикулярно наклонной поверхности (независимо от того, включено или выключено питание робота). Робота размещают в верхней части наклонной поверхности, угол наклона которой задает изготовитель робота. Следует убедиться, что опорная поверхность робота находится в контакте с наклонной поверхностью и нагрузка на роботе находится в устойчивом состоянии.

Примечание — Для некоторых самобалансирующихся роботов необходимо включение питания.

b) Регистрируют, если любой участок опорной поверхности робота не находится в контакте с наклонной поверхностью, робот падает и/или нагрузка выпадает или смещается потенциально опасным образом.

Примечание — В *ГОСТ Р ИСО 7176-1—2018,* 3.2 описаны методы определения момента, когда силы становятся равными нулю при движении колес в гору. К ним относятся, но не ограничивается ими, способность выталкивать куски бумаги из-под колес, визуальная идентификация момента, когда колеса приподнимаются над испытательной плоскостью, или использование приборов измерения силы.

c) Шаги a) и b) повторяют при изменении направленности робота, соответствующей наихудшим условиям, например вперед/назад и влево/вправо.

Вес переносимой нагрузки должен соответствовать максимальному значению, указанному изготовителем. Объект(ы), имитирующий нагрузку, следует размещать в соответствии с указаниями изготовителя для ровной поверхности перемещения. Для робота, перевозящего человека, на роботе следует разместить объекты, имитирующие максимальный вес и распределению веса у потенциального пользователя. Если робот перевозит сидящего человека, то может быть использован манекен, определенный в *ГОСТ Р ИСО 7176-11*.

12 Испытание для оценки характеристик динамической устойчивости подвижных частей (для мобильных роботов)

12.1 Принцип

В данном испытании проверяют воздействие подвижных частей и нагрузок робота на его устойчивость, чтобы убедиться в том, что робот способен поддерживать устойчивость «в условиях воздействия статических и динамических сил от подвижных частей и нагрузок робота для персонального ухода» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.10.2.1).

Данное испытание применимо ко всем роботам с манипуляторами или другими подвижными компонентами, а также к роботам, которые могут нести на себе нагрузку. Данное испытание не применимо к роботам для оказания физической помощи закрепляемого типа.

Воздействие подвижных частей и нагрузок на устойчивость робота измеряют, когда робот находится на наклонной поверхности. Рекомендуется выполнять данное испытание только после успешного прохождения роботом испытания на статическую устойчивость.

12.2 Оборудование

a) Наклонная поверхность. Наклонная поверхность должна соответствовать определению в 11.2. Наклонная поверхность должна быть оснащена средствами обеспечения безопасности робота для предотвращения его скольжения или падения, например тросом, прикрепленным к прочному крюку над роботом. Угол наклона поверхности должен быть равен максимальному углу наклона, указанному изготовителем робота.

b) Нагрузки. Объекты, размеры и вес которых имитируют типичные грузы, перевозимые роботом для персонального ухода, включая манекен, представляющий перевозимого человека, при необходимости.

Примечание — В приложении В представлено оборудование, которое может быть использовано для имитации сдвигающихся нагрузок.

12.3 Порядок проведения испытаний

a) Робота размещают на наклонной поверхности в направлениях, представляющих наихудшие условия для устойчивости, например вперед, назад и в боковые стороны для поочередного выполнения шагов от b) до e). Для каждой ориентации следует убедиться, что опорная поверхность робота находится в контакте с наклонной поверхностью, а нагрузка на роботе находится в устойчивом состоянии.

b) Для каждой ориентации подвижные части робота должны двигаться так, чтобы развивались максимальные динамические силы от движущейся массы в наиболее сложных условиях для устойчивости, например с помощью:

- движения в направлении нижнего края наклонной поверхности;
- как можно более быстрого ускорения и торможения;
- приложения максимальной нагрузки к рабочим органам и другим устройствам, способным нести нагрузку.

c) Если робот предназначен для перевозки грузов, то данные грузы располагают так, чтобы развивались максимальные динамические силы от движущейся массы груза в наиболее сложных условиях для устойчивости, например с помощью:

- непреднамеренного смещения груза в направлении нижнего края наклонной поверхности;

- размещения груза только в местах, расположенных в направлении нижнего края наклонной поверхности;

- использования груза с максимальным весом.

d) Если робот предназначен для перевозки пассажиров (например, робот для перевозки человека) или для поддержки веса человека (например, робот для оказания физической помощи незакрепляемого типа), то максимальные динамические силы, которые могут возникать от веса пассажира или поддерживаемого роботом человека, прикладывают в наиболее сложных условиях для устойчивости с помощью имитации (например, используя испытательный манекен):

- пассажира, резко перемещающегося на своем сиденье или опоре для ног;

- человека, прикладывающего или снимающего почти весь свой вес на опорную конструкцию робота.

e) При всех испытаниях регистрируют случаи, когда любой участок опорной поверхности робота отрывается от наклонной поверхности, робот падает, либо нагрузка выпадает или смещается потенциально опасным образом.

13 Испытание для оценки характеристик динамической устойчивости при передвижении (для мобильных роботов)

13.1 Общие положения

13.1.1 Принцип

В данном испытании проверяют устойчивость робота или его грузов при движении в типичных неблагоприятных условиях для того, чтобы убедиться в том, что конструкция робота не вызывает «каких-либо опасных опрокидываний, выхода из-под контроля или выпадения его частей или грузов, перевозимых при перемещении» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.10.3.1).

Данное испытание применимо к мобильным роботам.

Данное испытание включает 15 моделей перемещения на четырех типах геометрии испытательной дорожки: ровная поверхность, наклонная поверхность, ступенчатая поверхность и поверхность с трещинами. Испытания на максимальной скорости предназначены для подтверждения того, что робот никогда не превысит безопасный предел скорости, установленный изготовителем.

13.1.2 Оборудование

a) Испытательная дорожка. Состояния поверхности испытательной дорожки определены в 4.3.

b) Испытательный манекен. Испытательный манекен, описанный в приложении А, может быть использован во всех испытаниях, за исключением тех, в которых применяют торможение и поворот или кратковременные маневры.

13.1.3 Порядок проведения испытаний

Если на роботе установлены накачиваемые шины, то следует отрегулировать их внутреннее давление в соответствии с указанием изготовителя.

Вес перевозимого груза должен быть максимальным в соответствии с указанием изготовителя. В случае робота для перевозки человека, вес пассажира должен быть смоделирован с помощью веса манекена с надлежащим распределением веса. Если человек должен физически находиться на роботе, чтобы управлять им (то есть программное движение или дистанционное управление невозможно реализовать), то должны быть предприняты все необходимые меры предосторожности, чтобы обеспечить безопасность испытателя во время испытаний в соответствии с 4.4. Если на грузовую платформу робота должен быть помещен некоторый объект, то его следует разместить в соответствии с указаниями изготовителя.

13.2 Испытание устойчивости на ровной поверхности

13.2.1 Испытание торможением на разделенной поверхности

a) Коэффициент трения на правой половине испытательной дорожки следует поддерживать на уровне значения не менее 0,75. Коэффициент трения на левой половине испытательной дорожки следует поддерживать на значении не более 0,3. Коэффициенты трения измеряют в соответствии с 4.3

b) Робот должен двигаться вдоль центральной линии испытательной дорожки от стартовой позиции, как показано на рисунке 10 a), и ускориться до максимальной скорости в зоне ускорения.

c) После прохождения позиции начала торможения, поддерживая максимальную скорость, робот должен затормозить с максимальным усилием торможения и остановиться. Если у робота есть несколько способов торможения, то данное испытание проводят для каждого способа.

d) Проверяют, развил ли робот заданную скорость в позиции начала торможения.

e) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир или груз при движении от старта до остановки.

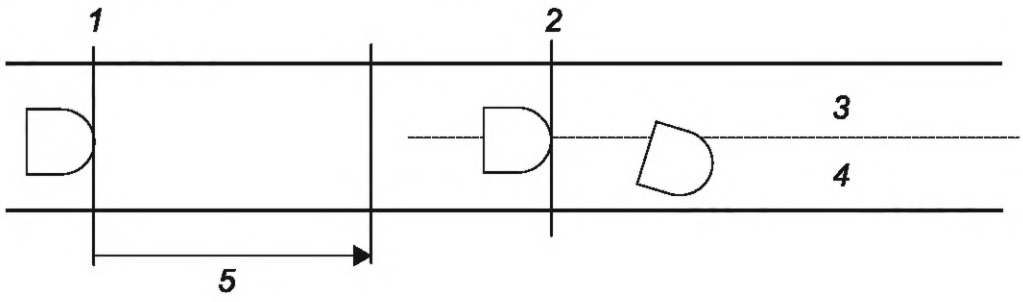
Примечание — Коэффициент трения не более 0,3 может быть получен с помощью детской присыпки и т.п., смешанной с водой. После испытания шины робота могут быть легко очищены. При необходимости, загрязненные шины могут быть заменены.

13.2.2 Испытание ускорением на разделенной поверхности

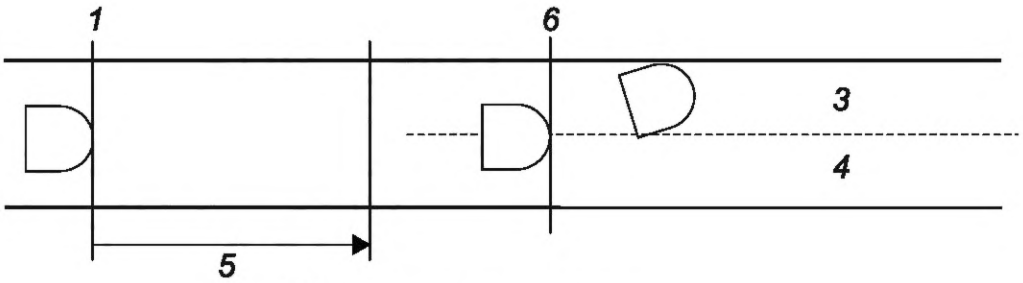
a) Робот должен двигаться вдоль центральной линии испытательной дорожки от стартовой позиции, как показано на рисунке 10 b), и ускориться до 80 % ± 10% максимальной скорости в зоне ускорения.

b) После прохождения позиции начала полного ускорения, робот должен максимально ускориться.

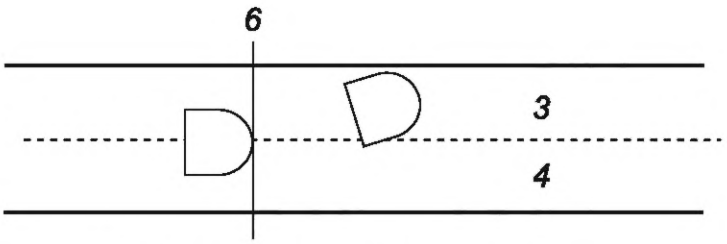
c) Проверяют, развил ли робот заданную скорость в зоне ускорения. Регистрируют, упал ли робот, его пассажир или груз при движении от старта до остановки.



a) Торможение с максимальной скоростью



b) Ускорение во время движения



c) Ускорение из неподвижного состояния

1 — исходная позиция; *2* — позиция начала торможения; *3* — поверхность с низким трением; *4* — поверхность с большим трением; *5* — зона ускорения; *6* — позиция начала максимального ускорения

Рисунок 10 — Торможение и ускорение на разделенной поверхности

13.2.3 Испытание ускорением из неподвижного состояния

a) Робота размещают на позиции начала полного ускорения вдоль центральной линии испытательной дорожки, как показано на рисунке 10 c).

b) Робот должен максимально ускориться из неподвижного состояния.

c) Регистрируют, упал ли при этом робот, его пассажир или груз.

13.3 Испытание устойчивости на наклонной поверхности

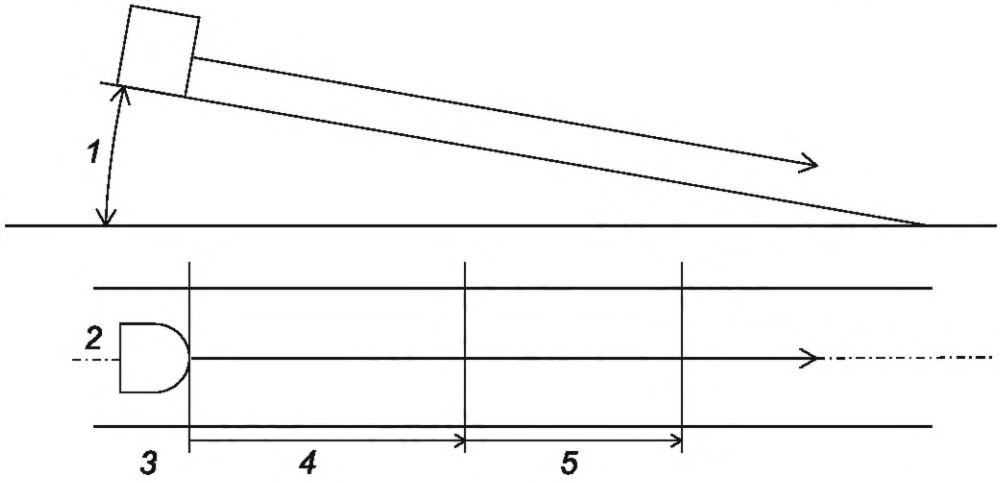
13.3.1 Общие положения

Данное испытание выполняют, если ожидается, что во внешней среде робота при использовании по назначению будут наклонные поверхности.

Угол наклона поверхности испытательной дорожки должен быть равен максимальному углу, указанному изготовителем, при котором робот должен быть работоспособным.

13.3.2 Испытание максимальной скоростью на уклоне

a) Робот должен перемещаться вдоль центральной линии испытательной дорожки вниз по наклонной поверхности, как показано на рисунке 11, и максимально ускориться в зоне ускорения.



1 — угол наклона поверхности; *2* — робот; *3* — исходная позиция; *4* — зона ускорения; *5* — зона измерения скорости

Рисунок 11 — Метод испытания максимальной скорости на уклоне

b) Робот должен пройти зону измерения, поддерживая максимальную скорость, и остановиться. Длина зоны измерения должна быть задана так, чтобы время измерения расстояния было не менее 1 с.

c) Измеряют время прохождения роботом зоны измерения.

d) Измерения повторяют не менее четырех раз, чтобы определить среднее время прохождения зоны измерения (T).

e) Максимальную скорость (V) вычисляют по формуле

$$V = L/T,$$

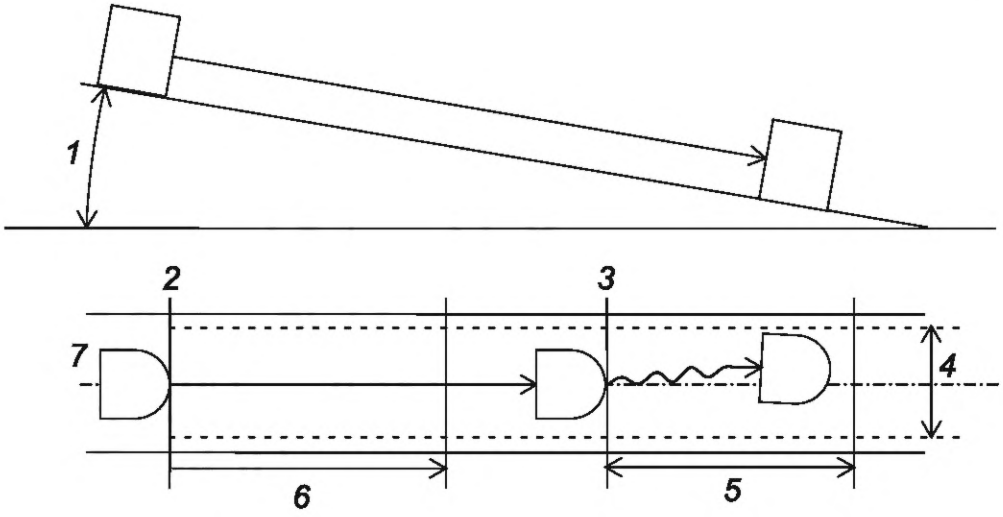
где V — максимальная скорость, м/с;

L — длина зоны измерения, м;

T — среднее время прохождения зоны измерения, с.

13.3.3 Испытание ускорением и торможением на уклоне

a) Робота размещают на исходной позиции на наклонной поверхности, как показано на рисунке 12.



1 — угол наклона поверхности; *2* — исходная позиция; *3* — позиция начала торможения; *4* — допустимая ширина; *5* — допустимое расстояние торможения; *6* — зона ускорения; *7* — робот

Рисунок 12 — Метод испытания ускорением и торможением на уклоне

b) Робот должен начать движение вниз по уклону с максимальным ускорением.

c) Робот должен перемещаться вдоль центральной линии испытательной дорожки, ускоряясь до максимальной скорости в зоне ускорения.

d) Робот должен затормозить с максимальной силой торможения после прохождения позиции начала торможения, поддерживая максимальную скорость, и остановиться. Если у робота есть несколько способов торможения, то данное испытание проводят для каждого способа.

Пример — Торможение при нормальной работе, торможение при защитной остановке и торможение при аварийной остановке.

e) Регистрируют, не вышел ли робот или его часть за границы зоны тормозного пути по длине и ширине, указанные в технических характеристиках робота.

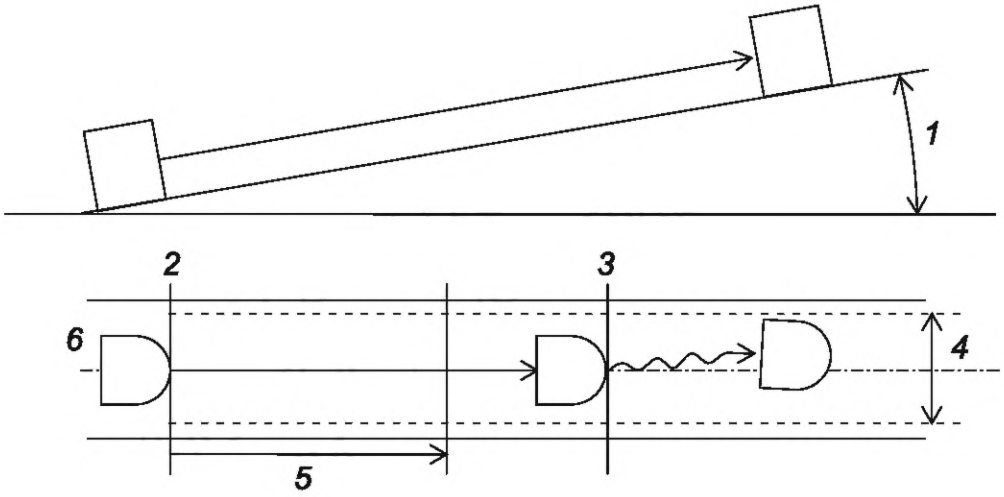
f) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир или груз на участке от начала торможения до остановки.

g) Проверяют, развил ли робот заданную скорость в момент прохождения позиции начала торможения.

Примечание — Целью данного испытания является не измерение тормозного пути, а подтверждение того, что робот никогда не отклониться ни от допустимой длины, ни от допустимой ширины, и подтвердить устойчивость робота при торможении.

13.3.4 Испытание ускорением на подъеме

a) Робота размещают на исходной позиции на наклонной поверхности, как показано на рисунке 13.



1 — угол наклона поверхности; *2* — исходная позиция; *3* — позиция начала торможения; *4* — допустимая ширина; *5* — зона ускорения; *6* — робот

Рисунок 13 — Метод испытания ускорением и торможением на подъеме

b) Робот должен начать движение вверх по склону с максимальным ускорением.

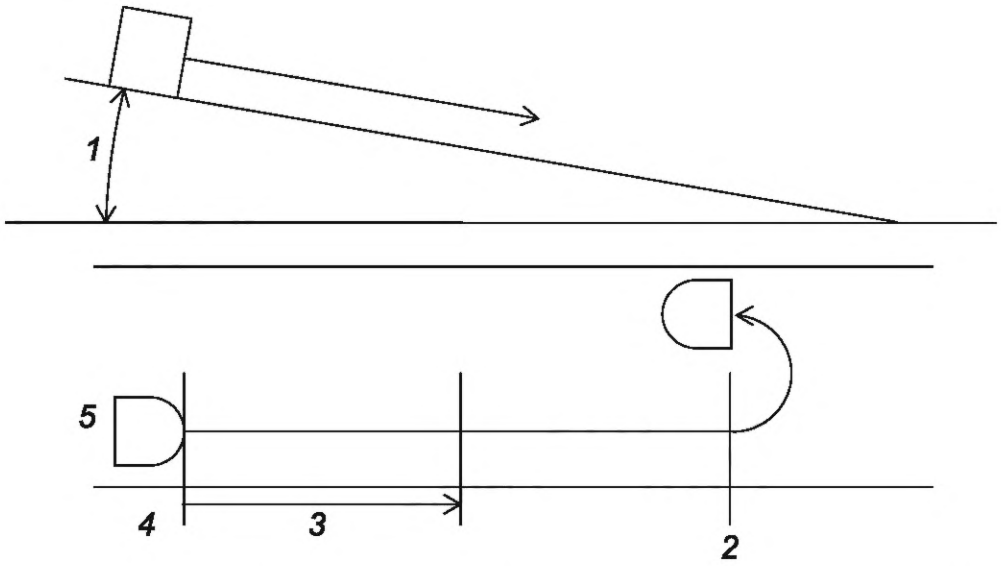
c) Робот должен перемещаться вдоль центральной линии испытательной дорожки, ускоряясь до достижения максимальной скорости в зоне ускорения.

d) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир или груз робота.

13.3.5 Испытание с полным разворотом на уклоне

Данное испытание применяют к роботам, способным разворачиваться в процессе движения.

a) Робот должен ускориться до максимальной скорости, указанной для разворота, в зоне ускорения, как показано на рисунке 14.



1 — угол наклона поверхности; *2* — позиция разворота; *3* — зона ускорения; *4* — исходная позиция; *5* — робот

Рисунок 14 — Метод испытания с полным разворотом на уклоне

b) Двигаясь с максимальной скоростью робот должен сделать полный разворот с минимальным радиусом примерно на 180° сразу после прохождения позиции начала разворота.

c) Если робот способен сделать поворот вокруг точки контакта, то он должен остановиться и выполнить поворот вокруг точки контакта не менее, чем на 360°.

d) Проверяют, развил ли робот заданную скорость в позиции начала разворота.

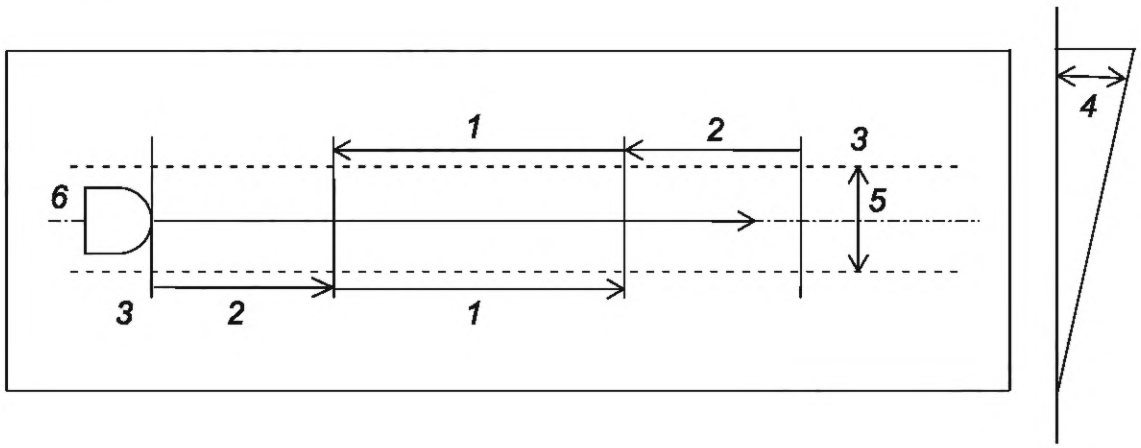
e) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир или груз робота при развороте.

f) Данное испытание проводят для разворота как по часовой стрелке, так и против часовой стрелки.

Примечание — При изменении максимального угла поворота управляемых колес робота его скорость может быть снижена, сохраняя максимальное поперечное ускорение, если зона ускорения не имеет достаточной длины для того, чтобы робот развил максимальную скорость.

13.3.6 Испытание при пересечении наклонной поверхности

a) Робот должен перемещаться вдоль центральной линии испытательной дорожки поперек наклонной поверхности, как показано на рисунке 15, ускоряясь до достижения максимальной скорости в зоне ускорения.



1 — зона наблюдения; *2* — зона ускорения; *3* — исходная позиция; *4* — угол наклона поверхности; *5* — допустимая ширина; *6* — робот

Рисунок 15 — Метод испытания при пересечении наклонной поверхности

b) Двигаясь с максимальной скоростью робот должен проехать через зону наблюдения и остановиться.

c) В зоне наблюдения регистрируют, не вышел ли робот или какая-либо его часть за пределы допустимой ширины проезда, указанной в его технических характеристиках.

d) Проверяют, развил ли робот заданную скорость в зоне наблюдения.

e) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир или груз робота от начала движения до остановки.

f) Шаги a)—e) повторяют в противоположном направлении перемещения робота на той же испытательной дорожке.

13.3.7 Испытание при развороте на наклонной поверхности

Данное испытание проводят для роботов, которые поддерживают равновесие с помощью систем управления устойчивостью.

a) Робота размещают на наклонной поверхности, и он находится в состоянии равновесия, оставаясь неподвижным.

b) Робот делает разворот вокруг точки контакта 10 раз или пока он не потеряет равновесие.

c) Шаг b) повторяют в противоположном направлении разворота.

d) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир или груз.

13.4 Испытания устойчивости на ступенях и трещинах

13.4.1 Общие положения

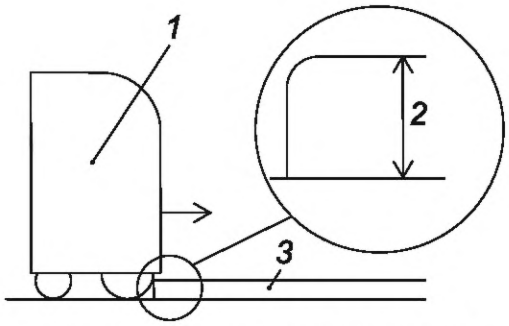
Данное испытание выполняют, если ступени и трещины присутствуют во внешней среде использования робота по назначению.

Высота ступени должна быть равна максимальной высоте, указанной в технических характеристиках робота для движения по ступени вверх и вниз. Если в технических характеристиках данный параметр не указан, то высоту ступени можно принять равной 50 мм для роботов, предназначенных для работы на открытом воздухе, и 20 мм для роботов, предназначенных для работы в помещениях.

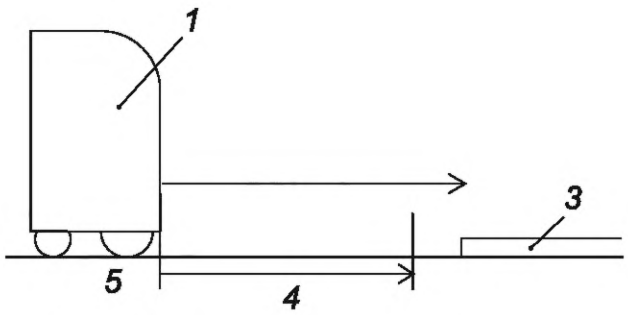
Ширина и глубина трещины должна быть равна максимальным значениям, указанным в технических характеристиках робота. Верхние края ступени и трещины закругляют с радиусом 3 мм (+2, −0), как определено в *ГОСТ Р ИСО 7176-10*.

13.4.2 Подъем из неподвижного состояния

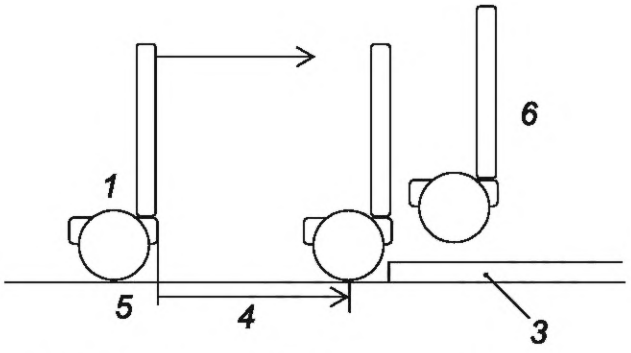
a) Робота размещают таким образом, чтобы его переднее колесо находилось в контакте со ступенью, как показано на рисунке 16 a). При этом угол между ступенью и направлением движения робота должен соответствовать углу, при котором робот работоспособен согласно его техническим характеристикам, но при котором на его устойчивость оказывается наибольшее влияние. Если угол по отношению к ступени не задан в технических характеристиках робота, то он может быть установлен равным 90° ± 5°. Колеса робота должны быть расположены прямо.



a) Движение вверх из состояния покоя



b) Движение вверх с максимальной скоростью



c) Ускорение колеса без контакта с поверхностью

1 — робот; *2* — высота ступени; *3* — ступень; *4* — зона ускорения; *5* — исходная позиция; *6* — ускорение колеса

Рисунок 16 — Испытание при подъеме на ступень

b) Робот должен начать движение с максимальной мощностью, чтобы забраться на ступень и остановиться.

c) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир или груз при подъеме на ступень.

13.4.3 Подъем с максимальной скоростью

a) Робот должен начать движение из исходной позиции и ускориться до максимальной скорости в зоне ускорения, как показано на рисунке 16 b).

b) Робот должен забраться на ступень и остановиться. При этом угол подхода к ступени должен соответствовать углу, при котором робот работоспособен согласно его техническим характеристикам, но при котором на его устойчивость оказывается наибольшее влияние. Если угол по отношению к ступени не задан в технических характеристиках робота, то он может быть установлен равным 90° ± 5° и 10° ± 5°.

c) Проверяют, развил ли робот заданную скорость.

d) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир, груз или робот был поврежден при подъеме на ступень.

13.4.4 Подъем с ускорением

Следующие испытания применяют к роботам, поддерживающим устойчивость с помощью крутящего момента колес, которые могут потерять устойчивость при потере контакта между колесами и поверхностью после подъема на ступень.

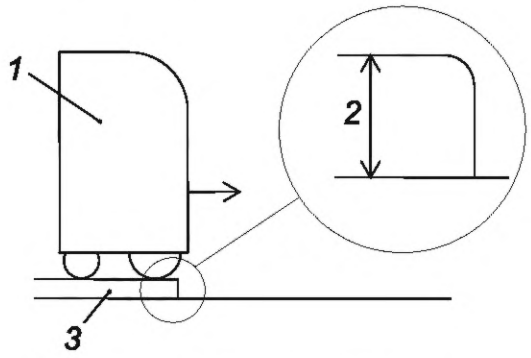
a) Робот должен начать движение из исходной позиции и ускориться до 80 % ± 10 % максимальной скорости в зоне ускорения, как показано на рисунке 16 c).

b) Робот должен подняться на ступень, а его колеса должны ускориться при прохождении ступени.

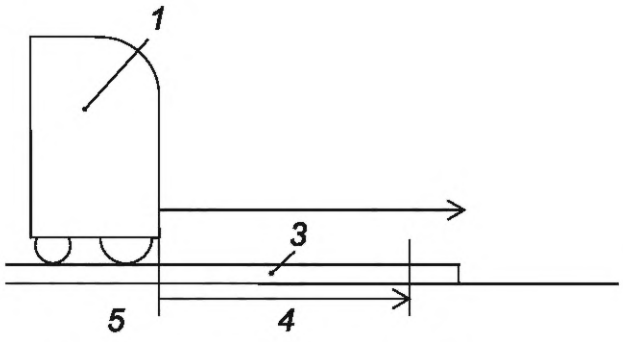
c) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир, груз или робот был поврежден при подъеме на ступень.

13.4.5 Спуск со ступени на малой скорости

a) Робота размещают таким образом, чтобы его переднее колесо располагалось на краю ступени, как показано на рисунке 17 a). При этом угол между ступенью и направлением движения робота должен соответствовать углу, при котором робот работоспособен согласно его техническим характеристикам, но при котором на его устойчивость оказывается наибольшее влияние. Если угол по отношению к ступени не задан в технических характеристиках робота, то он может быть установлен равным 90° ± 5°. Колеса робота должны быть расположены прямо.



a) Спуск из неподвижного состояния



b) Спуск на максимальной скорости

1 — робот; *2* — высота ступени; *3* — ступень; *4* — зона ускорения; *5* — исходная позиция

Рисунок 17 — Метод испытания для спуска со ступени

b) Робот должен двигаться на очень медленной скорости, спуститься со ступени и остановиться.

c) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир, груз или робот был поврежден при спуске со ступени.

13.4.6 Спуск со ступени на максимальной скорости

a) Робот должен начать движение из исходной позиции и ускориться до максимальной скорости в зоне ускорения, как показано на рисунке 17 b).

b) Робот должен спуститься со ступени, поддерживая максимальную скорость, и остановиться. При этом угол подхода к ступени должен соответствовать углу, при котором робот работоспособен согласно его техническим характеристикам, но при котором на его устойчивость оказывается наибольшее влияние. Если угол по отношению к ступени не задан в технических характеристиках, то он может быть установлен равным 90° ± 5° и 10° ± 5°.

c) Проверяют, развил ли робот заданную скорость.

d) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир, груз или робот был поврежден при спуске со ступени.

13.4.7 Испытание при пересечении трещины

a) Робота размещают около трещины, как показано на рисунке 18 a). При этом угол между трещиной и направлением движения робота должен соответствовать углу, при котором робот работоспособен согласно его техническим характеристикам, но при котором на его устойчивость оказывается наибольшее влияние. Если угол по отношению к трещине не задан в технических характеристиках, то он может быть установлен равным 90° ± 5°. Колеса робота должны быть расположены прямо.

b) Робот должен двигаться на очень медленной скорости, пересечь трещину и остановиться.

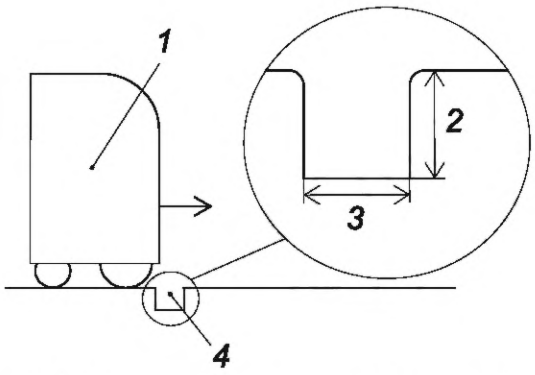
c) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир, груз или робот был поврежден при пересечении трещины.

d) Робот должен начать движение из исходной позиции и ускориться до максимальной скорости в зоне ускорения, как показано на рисунке 18 b).

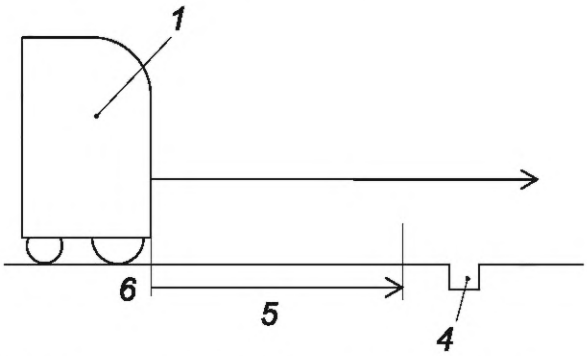
e) Робот должен пересечь трещину, поддерживая максимальную скорость, и остановиться. Угол подхода к трещине должен соответствовать углу, при котором робот работоспособен согласно его техническим характеристикам, но при котором на его устойчивость оказывается наибольшее влияние. Если угол по отношению к трещине не задан в технических характеристиках, то он может быть установлен равным 90° ± 5° и 10° ± 5°.

f) Проверяют, развил ли робот заданную скорость.

g) Регистрируют, упал ли робот, его пассажир или груз при пересечении трещины.



a) Пересечение трещины из состояния покоя



b) Пересечение трещины на максимальной скорости

1 — робот; *2* — глубина трещины; *3* — ширина трещины; *4* — трещина; *5* — зона ускорения; *6* — исходная позиция

Рисунок 18 — Метод испытания при пересечении трещины

14 Испытание функций управления, связанных с безопасностью (универсальное)

14.1 Испытание интеграции защитной электрочувствительной аппаратуры (ЗЭЧА)

14.1.1 Принцип

Данное испытание не является обязательным, если робот предназначен для использования только в средах, соответствующих требованиям подходящих частей комплекса стандартов [*18*].

Если ЗЭЧА используют вне области применения подходящих частей комплекса стандартов [*18*], то данная аппаратура соответствует требованиям [*23*] и следующему испытанию.

Данное испытание проводят при трех дополнительных условиях:

a) интерференция внешнего освещения (для поддержания безопасности при отказе);

b) низкий уровень освещения (для поддержания безопасности при отказе);

c) интерференция внутреннего освещения (для поддержания безопасности при отказе).

Для испытаний используют следующее оборудование:

- образцы для испытаний (черный, белый, серый и световозвращающий);
- поверхности заднего плана (черная, белая и серая);
- источники света (лампа накаливания, люминесцентное освещение, стробоскопическое освещение и искусственный солнечный свет).

Условия проведения испытаний выбирают исходя из характеристик робота.

Примечание — Для выполнения требований *ГОСТ Р 60.2.2.1* могут потребоваться другие испытания, соответствующие комплексу стандартов безопасности для связанных с безопасностью бесконтактных чувствительных устройств (ЗЭЧА) [*18*].

14.1.2 Выбор образцов

Образцами является ЗЭЧА, установленная на роботе.

14.1.3 Оборудование

a) Образец для испытаний. Образец для испытаний должен быть сферической или цилиндрической формы с размерами, соответствующими предполагаемому объекту, который должен быть обнаружен ЗЭЧА, либо это должен быть цилиндрический образец для испытаний, представленный в [*2*].

Примеры

1 Для имитации торса человека в качестве образца для испытаний может быть использован цилиндр высотой 0,6 м и диаметром 0,2 м.

2 Для имитации руки или ноги человека в качестве образца для испытаний может быть использован цилиндр высотой 0,4 м и диаметром 0,07 м.

Оптические характеристики поверхности образца для испытаний должны соответствовать наиболее сложному для обнаружения среди объектов, считающихся тяжело обнаруживаемыми с помощью ЗЭЧА, либо они могут соответствовать следующим четырем типам характеристик поверхности, определенным в [*21*]:

1) черная поверхность (со значением коэффициента диффузного отражения менее 5 % в диапазоне длин волн, воспринимаемых датчиком);
2) серая поверхность (со значением коэффициента диффузного отражения 27—33 %);
3) белая поверхность (со значением коэффициента диффузного отражения более 70 %);
4) световозвращающая поверхность.

b) Поверхность заднего плана. Цвет поверхности заднего плана должен быть самым сложным для обнаружения среди внешних условий, в которых используется ЗЭЧА, либо следует использовать любой из следующих трех цветов, определенных в [*21*]:

1) черный;
2) серый;
3) белый.

c) Источник света:

1) искусственный солнечный свет;
2) внутреннее освещение.

Для внутреннего освещения должен быть выбран источник света, соответствующий использованию ЗЭЧА по назначению. Если он не указан, то следует использовать любой из следующих типов источников света, установленных в [*19*], [*20*] или [*21*]:

- лампа накаливания;
- люминесцентное освещение;
- стробоскопическое освещение.

14.1.4 Порядок проведения испытаний

14.1.4.1 Общие положения

ЗЭЧА должна быть испытана установленной на роботе, который работает в неподвижном состоянии или при других эквивалентных условиях.

Испытания выполняют при всех вероятных комбинациях образцов для испытаний и поверхностей заднего плана. Скорость перемещения образца для испытаний должны быть максимальной из разумно предполагаемых, либо 1,6 м/с (см. [*1*]).

14.1.4.2 Испытание на открытом воздухе

a) Искусственный солнечный свет включают и направляют вдоль оптической оси датчика.

b) Включают ЗЭЧА.

c) Без присутствия объекта в зоне обнаружения наблюдают работу ЗЭЧА в течение не менее 5 с, если иное не указано изготовителем.

d) Образец для испытания помещают в зону обнаружения и наблюдают реакцию ЗЭЧА в течение не менее 5 с, если иное не указано изготовителем.

e) Образец для испытания удаляют из зоны обнаружения и наблюдают реакцию ЗЭЧА в течение не менее 5 с, если иное не указано изготовителем.

f) Питание устройства выключают на 5 с.

g) Шаги b)—f) повторяют не менее четырех раз.

h) Искусственный солнечный свет периодически затеняют черной панелью для изменения интенсивности освещения с периодом не более 2 с каждый.

i) Шаги b)—f) повторяют не менее четырех раз.

14.1.4.3 Испытание при плохом освещении

a) В качестве условия проведения испытания используют внутреннее освещение с самой низкой интенсивностью, указанной изготовителем. Если оно не задано, то испытание следует проводить с использованием ламп накаливания и люминесцентного освещения с интенсивностью менее 50 лк.

b) Включают ЗЭЧА.

c) Без присутствия объекта в зоне обнаружения наблюдают работу ЗЭЧА в течение не менее 5 с, если иное не указано изготовителем.

d) Образец для испытания помещают в зону обнаружения и наблюдают реакцию ЗЭЧА в течение не менее 5 с, если иное не указано изготовителем.

e) Образец для испытания удаляют из зоны обнаружения и наблюдают реакцию ЗЭЧА в течение не менее 5 с, если иное не указано изготовителем.

f) Питание ЗЭЧА выключают на 5 с.

g) Шаги б)—e) повторяют не менее четырех раз.

h) Включают питание ЗЭЧА.

i) Интенсивность внешнего освещения уменьшают до 50-го перцентиля ожидаемой интенсивности освещения, и затем постепенно снижают до нижнего предела. Данный предел и скорость снижения указывает изготовитель. Наблюдают, не произойдет ли какого-либо опасного сбоя ЗЭЧА.

14.1.4.4 Испытание при интерференции внутреннего освещения

a) В качестве условия испытания используют внутреннее освещение с самой низкой интенсивностью, указанной изготовителем. Если оно не задано, то испытание проводят с комбинацией лампы накаливания и люминесцентного освещения с интенсивностью от 100 лк до 300 лк. В качестве интерференционного внутреннего освещения следует использовать источники свете, указанные изготовителем. Если они не указаны, то испытания следует проводить с тремя типами источников света, определенными в 14.1.3 c) 2).

b) Источник внутреннего интерференционного освещения включают и его направляют так, чтобы наибольшая интенсивность света была направлена на датчик.

c) Включают ЗЭЧА в обычном режиме.

d) Без присутствия объекта в зоне обнаружения наблюдают работу ЗЭЧА в течение не менее 5 с, если иное не указано изготовителем.

e) Образец для испытания помещают в зону обнаружения и наблюдают реакцию ЗЭЧА в течение не менее 5 с, если иное не указано изготовителем.

f) Образец для испытания удаляют из зоны обнаружения и наблюдают реакцию ЗЭЧА в течение не менее 5 с, если иное не указано изготовителем.

g) Питание устройства выключают на 5 с.

h) Шаги c)—g) повторяют не менее четырех раз.

14.2 Испытание работы в скользких средах

14.2.1 Принцип

Целью данного испытания является определение способности робота безопасно работать в скользких средах (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.15).

Если при оценке риска предполагалось, что робот способен обнаруживать скользкое состояние поверхности, то способность данного обнаружения и соответствующая реакция на скользкой поверхности должны быть оценены.

14.2.2 Оборудование и порядок проведения испытания

a) В первую очередь необходимо проверить, способен ли робот работать надлежащим образом при минимальном коэффициенте трения, указанном изготовителем. Поэтому все стандартные испытания безопасности по торможению, развороту, поддержанию курса на максимально допустимом уклоне должны быть выполнены на поверхности с заданным коэффициентом трения (используя, например, специальные скользкие материалы). Коэффициент трения измеряют с помощью самого робота в нескольких направлениях.

Примечание — Коэффициент трения может быть измерен с помощью блокировки колес робота и толкания всего робота.

b) Второй частью испытания является проверка, способен ли робот автоматически определять момент, когда коэффициент трения становится меньше критического значения, указанного изготови-

телем. Испытания проводят на другой скользкой поверхности с коэффициентом трения на 10 % ниже критического значения, выполняя те же маневры, которые были определены выше.

14.3 Защищенность от электромагнитного излучения

14.3.1 Принцип

В данном испытании проверяют работоспособность робота при воздействии на него электромагнитного излучения (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.8.1).

Данное испытание применяют ко всем роботам, имеющим в системе управления функцию обеспечения безопасности.

14.3.2 Оборудование

a) Стандартное оборудование и внешняя среда. Оборудование и внешняя среда для испытаний на воздействие электромагнитных помех должны соответствовать требованиям стандартов, подходящих для среды применения робота по назначению (например, *ГОСТ IEC 61000-4-3, ГОСТ IEC 61000-4-4, ГОСТ IEC 61000-4-5, ГОСТ IEC 61000-4-8, ГОСТ Р ИСО 7176-21, [13], [14], [15]*).

b) Оборудование для каждого типа робота:

- оборудование для поддержания мобильного робота в работоспособном состоянии без изменения его позиции, например ролики, поддерживающие шины колес робота;
- оборудование, позволяющее дистанционно выполнять функции, связанные с безопасностью (например, нажатие кнопки останова робота). Данное оборудование необходимо для ручного управления роботом в безэховой камере (см. *ГОСТ IEC 61000-4-3*);
- оборудование, способное отслеживать и регистрировать движения робота (например, остановку или вращение колес) в безэховой камере. Данное оборудование должно иметь функцию регистрации данных во временном ряду, если время реакции испытываемой функции, связанной с безопасностью, является критическим для ее работы.

Если данное оборудование устанавливают вокруг робота, то оно не должно быть изготовлено из металла или других материалов, существенно влияющих на электромагнитное поле. Данное оборудование не должно быть подвержено влиянию применяемых электромагнитных помех.

14.3.3 Порядок проведения испытания

a) Характеристики применяемых электромагнитных помех выбирают из *ГОСТ Р МЭК 60204-1, ГОСТ IEC 61326-3-1, [16], [17]* и других стандартов так, чтобы они соответствовали внешней среде использования робота по назначению.

b) Робота помещают в безэховую камеру, как определено в указанных выше стандартах. При необходимости применяют поддерживающее оборудование, чтобы зафиксировать позицию робота.

c) Робота готовят для активации его функции, связанной с безопасностью. Данная функция может быть активирована дистанционно с помощью дополнительного оборудования.

d) Робота подвергают воздействию электромагнитной помехи. Длительность воздействия помехи определяют исходя из свойств испытуемой функции, связанной с безопасностью.

e) Роботу подают команду активировать испытуемую функцию, связанную с безопасностью.

f) Регистрируют реакцию робота.

g) Робота перезапускают, если потеряно управление им.

h) Шаги c)—g) повторяют для всех параметров электромагнитных помех, выбранных на шаге a), для всех испытуемых функций, связанных с безопасностью.

i) Полученные данные сравнивают с ожидаемыми действиями функций, связанных с безопасностью.

Примечание — Желательно автоматизировать данное испытание, так как в указанных стандартах определено большое число электромагнитных помех, воздействие которых должно быть проверено.

15 Реакция на расположенные на земле препятствия, связанные с безопасностью (для мобильных роботов)

15.1 Расстояние защитной остановки

15.1.1 Принцип

В данном испытании измеряют расстояние между роботом и смоделированным препятствием, связанным с безопасностью, (например, идущим человеком) в момент, когда робот завершает защитную

остановку для того, чтобы проверить конструктивные решения на «достаточно сниженный риск опасных столкновений с препятствием, связанным с безопасностью» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.10.8.1).

Данное испытание применяют ко всем мобильным роботам, обладающим функциональностью предотвращения столкновений, реализованную с помощью бесконтактных датчиков, инициирующих защитную остановку.

Данное испытание состоит из трех шагов:

a) настройка;

b) выполнение испытательных движений;

c) определение момента остановки и измерение расстояния.

В данном испытании используют устройство отслеживания движения, испытательную дорожку и образцы для испытания.

Испытательные движения формируют как комбинацию трех факторов:

- направление движения робота (вперед, назад, вправо и влево, если возможно),
- направления движения препятствия (вперед, назад, вправо и влево, если препятствие подвижно),
- относительное поперечное расположение робота и препятствия (по центру, справа и слева) при характерных скоростях.

Образцами для испытаний являются следующие препятствия: стоящий человек, стена и перпендикулярная стойка диаметром 25 мм. Условия проведения испытаний выбирают исходя из характеристик испытуемого робота.

15.1.2 Оборудование

a) Образец для испытаний. В качестве образцов выбирают объекты с состоянием поверхности и габаритами, представляющими препятствия, связанные с безопасностью, которые вероятно могут встретиться роботу при его использовании в соответствии с указаниями изготовителя. Если предполагается, что препятствия, связанные с безопасностью, могут двигаться, то образец для испытаний должен быть снабжен средствами передвижения. Если предполагаемые препятствия, связанные с безопасностью, не указаны изготовителем, то следует использовать следующие три объекта:

1) Стена:

- деревянный щит размером 0,9 × 0,9 м;
- ткань размером 0,9 × 0,9 м с коэффициентом отражения до 10 %;
- зеркальный щит размером 0,9 × 0,9 м с коэффициентом отражения более 90 %;
- прозрачный щит размером 0,9 × 0,9 м с коэффициентом прозрачности более 80 %;
- стена в форме изгороди с рамкой размером 0,9 × 0,9 м, со стойками в виде круглых стержней или труб диаметром 10 мм, расположенными с интервалом 100 мм. Данная решетка должна быть расположена вертикально и изготовлена из стали или другого металла, например, алюминия, выбранного для соответствия среде использования робота по назначению.

Цвет или рисунок стены и цвет пола должны соответствовать среде использования робота по назначению.

2) Цилиндрическая стойка:

Круглые стержни или трубы диаметром 25 мм и длиной более 90 см, изготовленные из металла, резины или дерева в зависимости от среды использования робота по назначению.

3) Манекен:

Следует использовать манекены всего тела в диапазоне размеров от детей до взрослых в зависимости от использования робота по назначению.

Если одежда манекена черного цвета, то она должна иметь минимальную величину отражения с коэффициентом диффузного отражения 1,8 %.

Материал, из которого изготовлен манекен, не должен наносить повреждения роботу или окружающей обстановке даже в случае столкновения.

Для манекенов нижней части тела рекомендуется наличие механизма, имитирующего шагание.

Примечание — Манекен может быть заменен цилиндрическими образцами для испытаний, представленными в [*2*].

b) Испытательная поверхность перемещения. Используют поверхность, соответствующую предполагаемой среде использования робота по назначению. Если расстояние торможения зависит от типа поверхности, то используют поверхность, для которой расстояние торможения самое большое. Кроме

того, испытательная поверхность должна иметь достаточную длину и ширину, чтобы робот имел возможность замедлиться и остановиться после ускорения до обычной скорости движения.

c) Устройство отслеживания движения (для испытаний с подвижными препятствиями). Следует использовать устройство, способное записывать положения целевых маркеров (сферы из отражающего материала или мигающие маркеры), установленных на роботе и/или на движущемся образце для испытаний, с частотой, соответствующей скорости движения робота. Устройство отслеживания движения должно быть способно определять позиции робота и образца для испытаний с точностью ± 5 мм, а ориентацию — с точностью ± 2°.

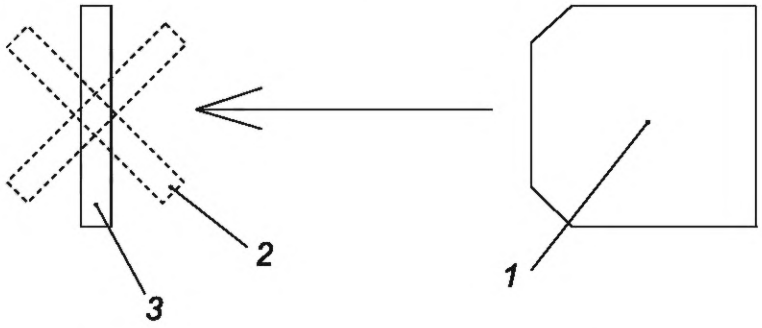
15.1.3 Порядок проведения испытания

a) Робота и образец для испытаний помещают на испытательную дорожку на расстоянии большем, чем дальность обнаружения датчика робота. При испытаниях применяют все комбинации приведенных ниже условий.

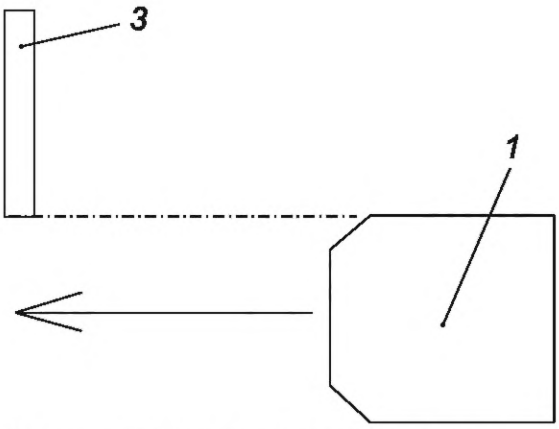
1) Направление движения робота:
- нормальное направление движения;
- на 90° от нормального направления движения, если возможно;
- на 180° от нормального направления движения, если возможно;
- на 270° от нормального направления движения, если возможно.

2) Угол по направлению к образцу для испытаний [см. рисунок 19 a)]:
- 90° ± 5° к маршруту движения робота;
- 45° ± 5° к маршруту движения робота.

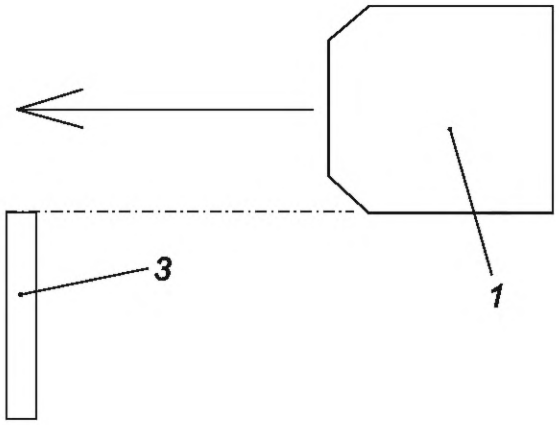
3) Расположение образца для испытаний:
- центр образца для испытаний расположен на центральной линии маршрута движения робота;
- левая сторона образца для испытаний соответствует правой стороне робота в направлении движения [см. рисунок 19 b)];
- правая сторона образца для испытаний соответствует левой стороне робота в направлении движения [см. рисунок 19 c)];
- если образец для испытаний должен имитировать подвижный объект, то он должен двигаться прямо со скоростью, обеспечивающей пересечение маршрута движения робота и встречу с роботом в направлениях 90°, 180° и 270°.



a) Центр образца для испытаний совпадает с центром робота



b) Левый край образца для испытаний совпадает с правым краем робота



c) Правый край образца для испытаний совпадает с левым краем робота

1 — робот; *2* — препятствие под углом 45°; *3* — препятствие под углом 90°

Рисунок 19 — Поперечные относительные расположения робота и препятствия

b) Робот должен двигаться с обычной скоростью, соответствующей использованию по назначению.

c) Измеряют кратчайшее расстояние между роботом и образцом для испытаний в момент полной остановки робота. В случае подвижного образца для испытаний, движения робота и образца для испытаний фиксируют с помощью устройства отслеживания движения для того, чтобы определить расстояние между ними в момент, когда скорость робота станет равной нулю.

15.2 Расстояние и скорость при управлении скоростью, связанным с безопасностью

15.2.1 Принцип

В данном испытании одновременно измеряют скорость робота и расстояние между роботом и препятствием, связанным с безопасностью, для того, чтобы оценить «управление скоростью, связанное с безопасностью» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.10.8.3). Целями данного испытания являются: 1) проверка способности робота поддерживать скорость, связанную с безопасностью, и безопасное расстояние до препятствия; 2) проверка управления скоростью, связанного с безопасностью, на основе полученных данных.

Данное испытание применимо ко всем мобильным роботам с функцией управления скоростью, связанного с безопасностью.

В данном испытании используют метод, определенный в 15.1.

Примечание — В *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, приложение С, определен критерий безопасности между скоростью и расстоянием при управлении скоростью, связанном с безопасностью.

15.2.2 Оборудование и порядок проведения испытания

Данное испытание выполняют так же, как испытание по определению расстояния защитной остановки (см. 15.1). Устройство отслеживания движения используют для измерения позиции и скорости во время входа препятствия в защищенное пространство. Отслеживают и регистрируют реакцию робота на препятствие и скорость относительного сближения обоих, полученную от устройства отслеживания движения.

15.3 Расстояние остановки перед возвышенностью

15.3.1 Принцип

В данном испытании измеряют расстояние между роботом и возвышенностью, включая лестницу наверх, после выполнения защитной остановки для того, чтобы оценить защитную меру по «восприятию поверхности перемещения» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.10.3.3, 6.5.3).

Данное испытание применяют ко всем мобильным роботам с функцией восприятия поверхности перемещения, связанной с безопасностью.

Данное испытание состоит из трех шагов:

a) настройка;

b) выполнение испытательных движений;

c) измерение расстояния.

Для данного испытания используют испытательную дорожку и возвышенность.

15.3.2 Оборудование

a) Испытательная дорожка. Следует использовать испытательную дорожку, адаптированную под условия среды использования робота по назначению. Если расстояние торможения зависит от типа поверхности дорожки, то следует использовать поверхность с наибольшим расстоянием торможения. Кроме того, необходимо иметь достаточную длину и ширину испытательной дорожки, чтобы робот имел возможность замедлиться и остановиться после ускорения до обычной скорости движения.

b) Возвышенность. Возвышенность имитируют с помощью блока с ровной вершиной и вертикальными сторонами. Высота возвышенности должна быть не менее максимальной, которую робот может преодолеть, но не более 120 % от максимальной. Высота возвышенности может быть смоделирована с использованием, например, подъемной платформы. Однако при этом необходимо заделать расщелину между испытательной дорожкой и верхней площадкой возвышенности (подъемной платформы), которая может быть обнаружена датчиком отслеживания поверхности перемещения. Ширина возвышенности должна быть больше, чем полная ширина робота.

15.3.3 Порядок проведения испытания

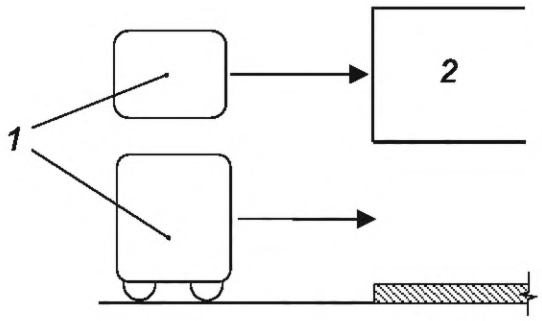
a) Робот должен двигаться с обычной скоростью, характерной для условий его использования по назначению.

b) При приближении к возвышенности робот должен произвести защитную остановку. Маршрут приближения к возвышенности должен быть следующим:

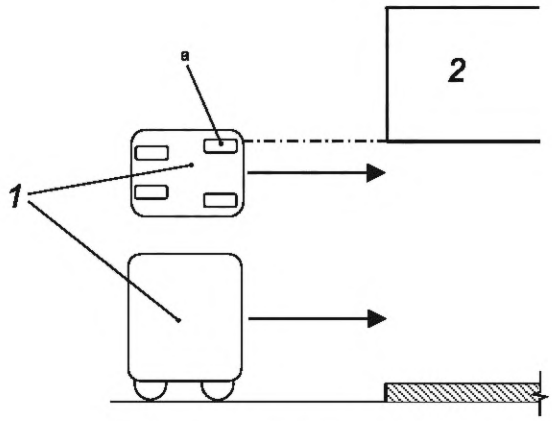
1) Маршрут, при котором робот приближается к центру возвышенности [см. рисунок 20 a)].

2) Маршрут, при котором линия, соединяющая правый край возвышенности и левую боковую сторону робота, задевающую возвышенность, совпадает с направлением движения робота [см. рисунок 20 b)].

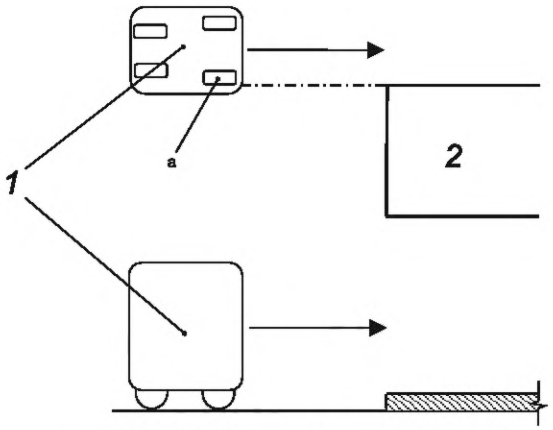
3) Маршрут, при котором линия, соединяющая левый край возвышенности и правую боковую сторону робота, задевающую возвышенность, совпадает с направлением движения робота [см. рисунок 20 c)].



a) Центр возвышенности совпадает с центром робота



b) Правый край возвышенности совпадает с левым краем робота

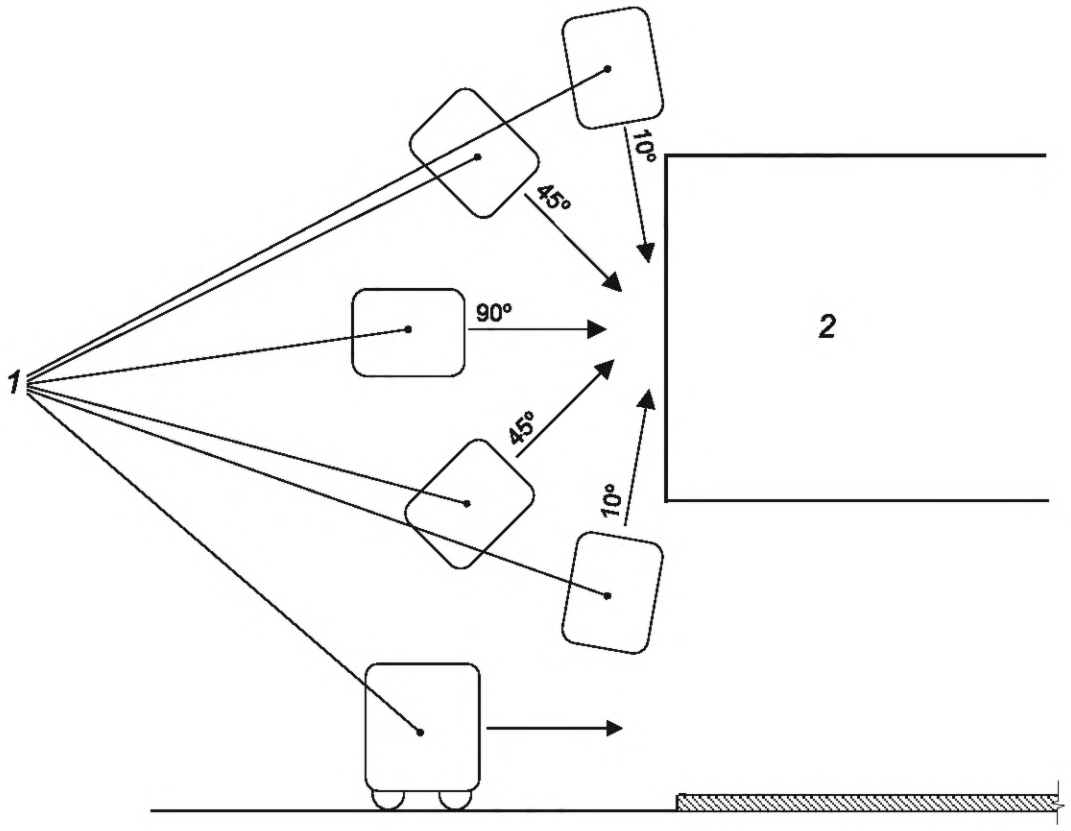


c) Левый край возвышенности совпадает с правым краем робота

1 — робот; *2* — возвышенность; *a* — самая дальняя точка робота, задевающая возвышенность

Рисунок 20 — Размещение робота относительно возвышенности

c) Угол подхода к возвышенности должен быть равен углу, предполагаемому при использовании робота по назначению. Если данный угол не задан, то следует использовать углы подхода 10°, 45° и 90° к переднему краю возвышенности с допустимым отклонением ± 5° (см. рисунок 21).



1 — робот; *2* — возвышенность

Рисунок 21 — Углы подхода к возвышенности

d) После полной остановки робота измеряют кратчайшее расстояние между передним краем возвышенности и роботом.

15.4 Расстояние остановки перед впадиной

15.4.1 Принцип

В данном испытании измеряют расстояние между роботом и впадиной, включая лестницы вниз, после выполнения защитной остановки для того, чтобы оценить защитную меру по «восприятию поверхности перемещения» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.10.3.3, 6.5.3).

Данное испытание применяют ко всем мобильным роботам с функцией восприятия поверхности перемещения, связанной с безопасностью.

Данное испытание проводят, используя метод, определенный в 15.3, за исключением того, что рельеф должен иметь впадину минимальной глубины, в которую может упасть робот. Условия проведения испытания должны быть выбраны на основании характеристик испытуемого робота.

15.4.2 Оборудование

a) Испытательная дорожка. Следует использовать испытательную дорожку, адаптированную под условия среды использования робота по назначению. Если расстояние торможения зависит от поверхности дорожки, то следует использовать поверхность, соответствующую самому длинному расстоянию торможения. Кроме того, необходимо иметь достаточную длину и ширину испытательной дорожки, чтобы робот мог иметь возможность замедлиться и остановиться после ускорения до обычной скорости движения.

b) Впадина. Глубина впадины должна быть больше той, при которой робот может перевернуться. Впадина может быть смоделирована с использованием, например, подъемной платформы, если она позволяет роботу упасть во впадину. Однако необходимо заделать расщелину между испытательной дорожкой и впадиной (подъемной платформой), которая может быть обнаружена датчиком отслеживания поверхности перемещения. Ширина впадины должна быть больше, чем полная ширина робота. Если при

оценке риска определено, что формы впадины отличаются от изображенной на рисунке 22 a), то в данном испытании следует использовать разные формы впадины.

15.4.3 Порядок проведения испытания

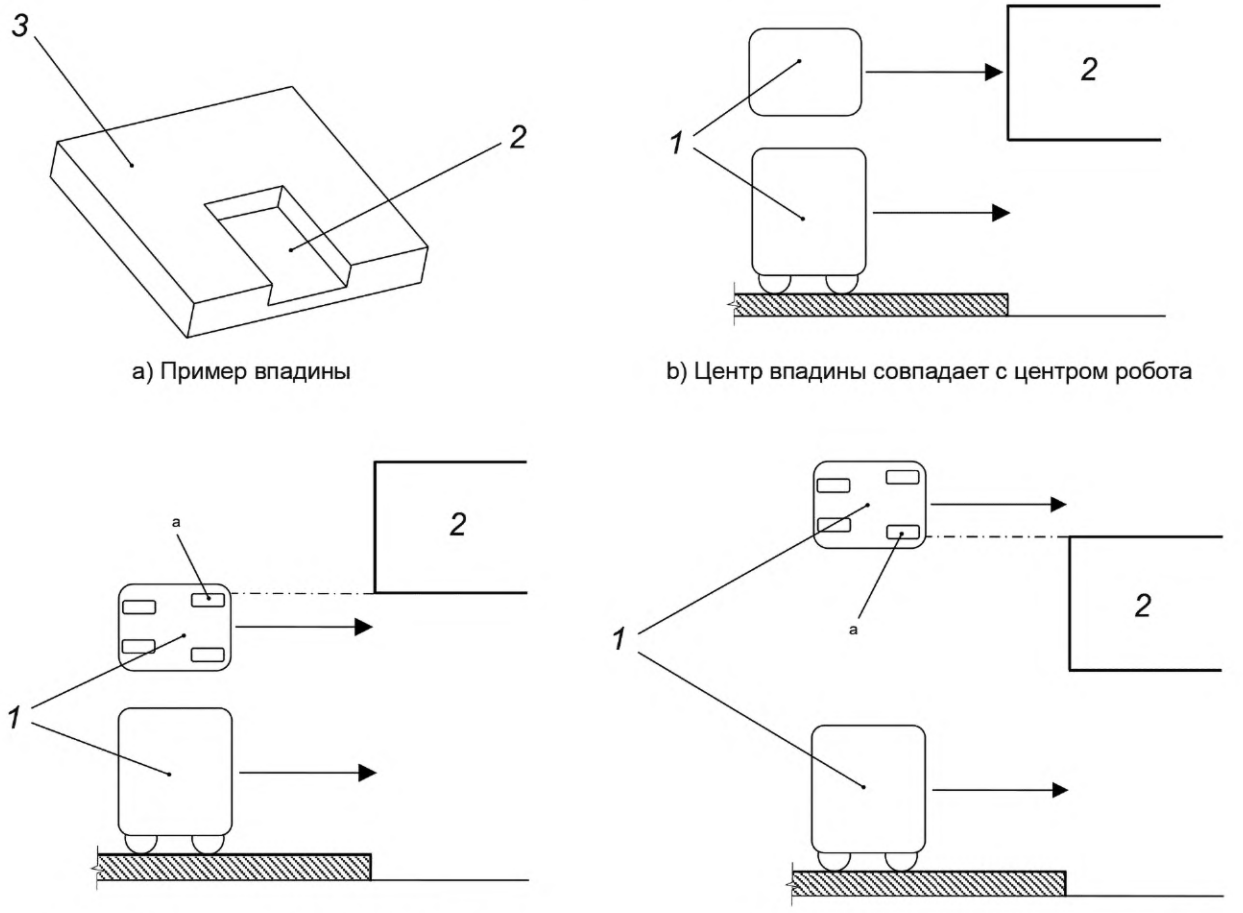
a) Робот должен двигаться с обычной скоростью, характерной для условий его использования по назначению.

b) При приближении к впадине робот должен произвести защитную остановку. Маршрут приближения к впадине должен быть следующим:

1) Маршрут, при котором робот приближается к середине впадины [см. рисунок 22 b)].

2) Маршрут, при котором линия, соединяющая правый край впадины и левую боковую сторону робота, задевающую впадину, совпадает с направлением движения робота [см. рисунок 22 c)].

3) Маршрут, при котором линия, соединяющая левый край впадины и правую боковую сторону робота, задевающую впадину, совпадает с направлением движения робота [см. рисунок 22 d)].



a) Пример впадины

b) Центр впадины совпадает с центром робота

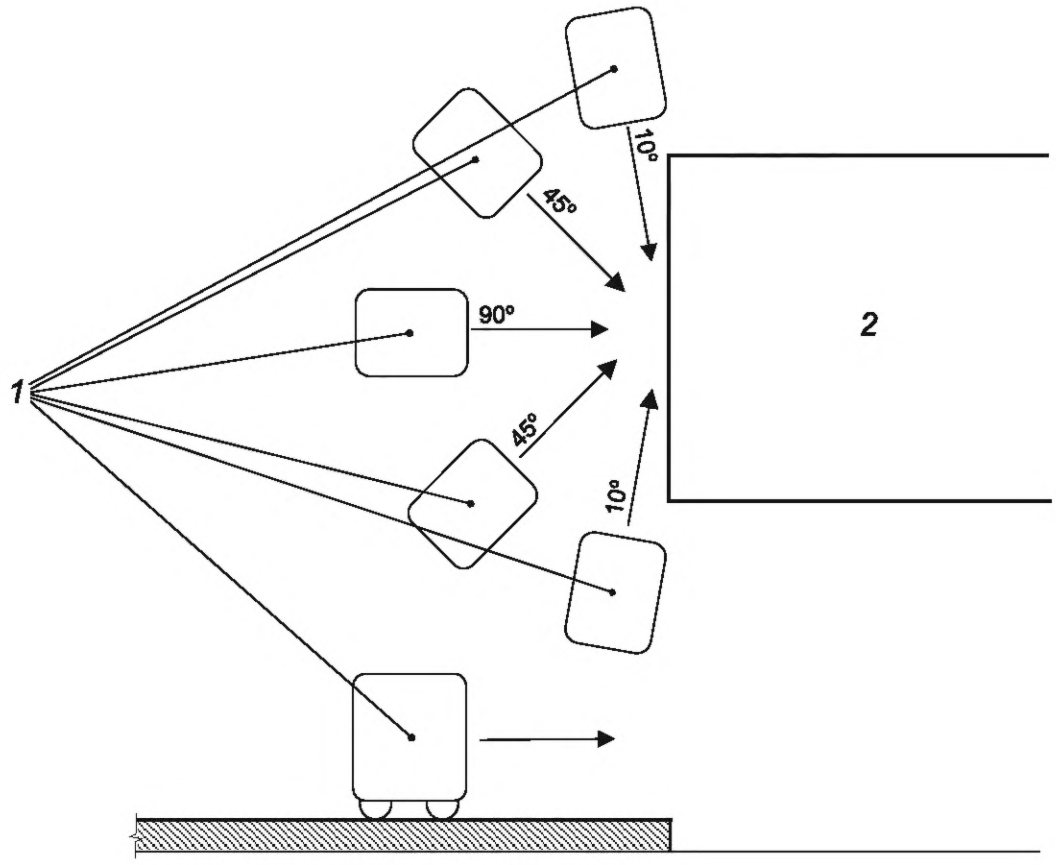
c) Правый край впадины совпадает с левым краем робота

d) Левый край впадины совпадает с правым краем робота

1 — робот; *2* — впадина; *3* — поверхность перемещения; *a* — самая дальняя точка робота, взаимодействующая с впадиной

Рисунок 22 — Размещение робота относительно впадины

c) Если рельеф местности со впадиной не симметричен, то угол подхода к впадине должен быть равен углу, имеющему место при использовании робота по назначению. Если данный угол не задан, то следует использовать углы подхода 10°, 45° и 90° к переднему краю впадины с допустимым отклонением ± 5° (см. рисунок 23).



1 — робот; *2* — впадина

Рисунок 23 — Углы подхода робота к впадине

d) Измеряют кратчайшее расстояние между передним краем впадины и роботом.

16 Испытание локализации и навигации, связанных с безопасностью

16.1 Принцип

Робот должен перемещаться в среде, определяя свое расположение на основании данных карты и особенностей или маркеров в среде. Для данного испытания геометрию среды изменяют относительно геометрии среды, записанной во внутренней карте робота. Во время испытания наблюдают, реагирует ли робот опасным образом на данное изменение.

Данное испытание применяют ко всем мобильным роботам, использующим внутреннюю карту и маркеры или особенности для локализации, то есть для определения своего месторасположения (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.16.2).

16.2 Оборудование

Среда для данного испытания должна представлять собой прямоугольное помещение длиной не менее 6 м и шириной не менее 3 м (с учетом габаритов испытуемого робота). Прямоугольное препятствие длиной и шириной около 1 м следует расположить примерно посередине одной из длинных сторон помещения (см. рисунок 24).

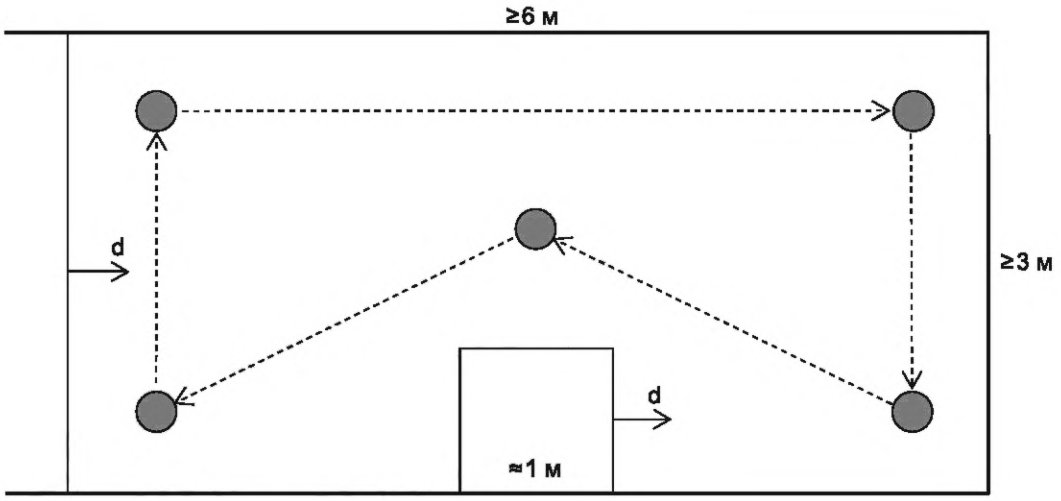


Рисунок 24 — Оборудование и маршрут перемещения для испытания локализации

Одна из коротких сторон помещения и препятствие должны быть подвижными. Если локализация робота основана на маркерах, то достаточно большое число маркеров должно быть расположено на стенах и препятствии, обеспечивая работу робота. Стены и препятствие должны быть достаточно высокими, чтобы восприниматься всеми датчиками робота, используемыми для его локализации, и затруднять определение внешнего вида помещения этими датчиками.

16.3 Порядок проведения испытания

Порядок проведения испытания состоит из следующих шагов:

a) Формирование карты помещения с исходным расположением подвижной стены и препятствия. Это может быть сделано вручную (с помощью создания карты на основе точной геометрии помещения) или позволяя роботу сгенерировать карту, например с помощью SLAM-алгоритма.

b) Перемещение подвижной стены и препятствия на расстояние d по направлению к неподвижной короткой стене.

c) Размещение робота в одном из углов помещения. Если необходимо, то определение местоположения робота инициируют так, чтобы оно совпадало с ближайшим углом помещения.

d) Программирование робота на перемещение по маршруту, показанному на рисунке 24. Маршрут формируют в координатах карты, а промежуточные точки выбирают таким образом, чтобы минимальное расстояние до стен и препятствия равнялось 150 % расстояния, которое может заставить робота выполнить защитную остановку.

Шаги c) и d) следует выполнить для следующих значений смещения стены и препятствия: d = 5 см, d = 10 см, d = 20 см и d = 50 см. Каждое испытание необходимо повторить не менее четырех раз для движения в направлении против часовой стрелки и не менее четырех раз для движения по часовой стрелке.

В процессе перемещения робота наблюдают и регистрируют, движется ли робот рывками, резко неожиданно останавливается или производит другие потенциально опасные движения.

17 Испытание правильности автономных решений и действий (универсальное)

17.1 Общие положения

Если автономные решения или действия робота могут создать опасную ситуацию, то правильность решений и действий должна быть оценена, а оценка риска должна быть выполнена для того, чтобы определить достаточна ли данная надежность (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 5.12).

К автономным действиям и решениям относят идентификацию объектов, интерпретацию (неоднозначных) команд пользователя, выбор стратегии минимизации ожидаемых рисков от столкновений и

т. д. Вследствие большого разнообразия проблем, связанных с решениями, не все проблемы могут быть оценены с помощью данного испытания.

Следует выполнить испытание, в котором робот сталкивается с ситуацией, при которой необходимо принимать автономные решения или действия. При этом должна быть измерена реакция робота для того, чтобы определить, были ли правильными решения и действия робота. В 17.2 приведен пример испытания по идентификации объекта.

17.2 Идентификация объекта

17.2.1 Принцип

В данном испытании измеряют надежность правильной идентификации объекта роботом. Данное испытание применяют ко всем роботам, способным идентифицировать объекты.

17.2.2 Оборудование

17.2.2.1 Объекты для испытания

Выбирают достаточно большое число объектов для испытаний, которые обычно встречаются в среде использования робота по назначению. Если возможно, то следует включить в это число очень похожие группы объектов.

17.2.2.2 Среда для испытания

Объекты располагают таким образом, как они обычно встречаются в среде использования робота по назначению (например, объекты размещают на столе, в ящике или в буфете) при типичных условиях освещения.

17.2.3 Порядок проведения испытания

Робот должен идентифицировать каждый объект. Регистрируют число объектов, которые робот идентифицировал правильно. Если объекты идентифицированы неправильно, то регистрируют тип объектов и ошибочно идентифицированные объекты.

18 Командные устройства (универсальные)

18.1 Безопасная работа в случае подключения, отключения или переключения командного устройства

18.1.1 Принцип

В данном испытании проверяют реакцию робота на подключение, отключение и переключение командных устройств, чтобы убедиться в том, что данная ситуация не приведет к неприемлемому риску.

Данное испытание применяют ко всем роботам, имеющим командные устройства.

При оценке риска следует идентифицировать ситуации, при которых подключение, отключение или переключение командных устройств может привести к возникновению опасной ситуации. В данном испытании следует учитывать следующие обстоятельства:

- разные типы и число командных устройств;
- рабочие режимы, задания и модели движения, при которых можно ожидать опасных реакций со стороны робота;
- опасные состояния встроенной системы управления;
- разные способы подключения или отключения, например, подключение командами программного обеспечения, подключение физическими разъемами, потеря питания и восстановление питания, а также способы отключения, например, обрыв или порез кабеля;
- намеренное и случайное подключение, отключение и переключение.

18.1.2 Оборудование

Никакого другого оборудования, кроме самого робота и его командного устройства или устройств, не требуется.

18.1.3 Порядок проведения испытания

a) Для каждой потенциально опасной ситуации, выявленной при оценке риска, робота настраивают и приводят в действие в соответствии с рабочими параметрами выявленной ситуации.

b) Испытываемое командное устройство подключают, отключают или переключают в соответствии с рабочими параметрами выявленной ситуации.

c) Для каждой ситуации наблюдают и регистрируют реакцию робота на каждое событие.

18.2 Реакция на несколько командных устройств или на непредназначенное командное устройство

18.2.1 Принцип

Целью данного испытания является проверка того, что робот по персональному уходу «разработан и спроектирован таким образом, что он реагирует только на сигналы от надлежащего устройства (устройств) управления» (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 6.9.3).

Данное испытание применяют ко всем роботам, имеющим несколько устройств управления.

При оценке риска должны быть идентифицированы ситуации, при которых используются несколько устройств управления, но робот может принимать сигналы только от одного из них. В данном испытании рассматривают следующее:

- разные типы и число устройств управления;
- рабочие режимы, задачи и модели движения, при которых можно ожидать опасных реакций со стороны робота;
- опасные состояния встроенной системы управления робота.

18.2.2 Оборудование

Никакого другого оборудования, кроме самого робота и его устройства (устройств) управления, не требуется.

18.2.3 Порядок проведения испытания

a) Для каждой потенциально опасной ситуации, выявленной при оценке риска, робота настраивают и приводят в действие в соответствии с рабочими параметрами выявленной ситуации.

b) Роботу посылают сигналы от ненадлежащего/непредназначенного устройства управления и наблюдают, воздействуют ли данные сигналы на робота каким-либо образом.

c) Регистрируют параметры устройств управления и ответные реакции робота.

18.3 Безопасная работа в случае потери связи с беспроводным или отсоединяемым командным устройством

18.3.1 Принцип

В данном испытании определяют, спроектирован ли робот и его командные устройства таким образом, что в случае потери связи или неполучении правильных управляющих сигналов управляемый данным устройством робот выполнит защитную остановку, если продолжение выполнения задания может создать неприемлемый риск (см. *ГОСТ Р 60.2.2.1—2016*, 6.9.6).

Данное испытание применяют ко всем роботам, имеющим беспроводные или отсоединяемые командные устройства.

При оценке риска должны быть идентифицированы все возможные ситуации, при которых связь может быть потеряна или нарушена, например следующие ситуации:

- отсоединение или выключение командного устройства;
- пропадание питания;
- удаление командного устройства на слишком большое расстояние от робота;
- работа в зонах с большим влиянием других электронных устройств;
- сбои аппаратного или программного обеспечения.

Кроме того, должны быть выявлены возможные ситуации, при которых неправильные сигналы могут быть получены системой управления роботом.

18.3.2 Оборудование

Для данного испытания необходим робот и надлежащие командные устройства. В зависимости от возможных ситуаций, выявленных при оценке риска, при которых может быть потеряна или нарушена связь, необходимо дополнительное оборудование для моделирования некоторых ситуаций. К такому необходимому оборудованию относят:

- внешний источник питания для командного устройства, который может быть выключен для имитации потери питания от аккумуляторной батареи;
- передатчик, способный имитировать электромагнитные помехи от других электронных устройств;
- модель командного устройства, способная имитировать сбои аппаратного и программного обеспечения командного устройства, при которых связь теряется или нарушается, либо посылаются неправильные сигналы.

18.3.3 Порядок проведения испытания

a) Для каждой потенциально опасной ситуации, выявленной при оценке риска, робота настраивают и приводят в действие в соответствии с рабочими параметрами выявленной ситуации.

b) Имитируют потерю или нарушение связи, либо посылку неправильных сигналов и наблюдают реакцию робота.

c) Регистрируют реакции робота на данные события и использованное испытательное оборудование.

19 Отчет об испытаниях

Все дополнительные условия проведения испытаний, адаптированные к конструкции робота и/или к его использованию по назначению, должны быть четко указаны в отчете.

Отчет об испытаниях должен содержать, по крайней мере, следующую информацию:

a) наименование и адрес испытательной лаборатории;

b) наименование и адрес изготовителя робота по персональному уходу;

c) тип робота по персональному уходу и сериальный номер или номер партии;

d) описание любого оборудования, установленного на роботе;

e) подробную информацию о настройках регулируемых узлов;

f) размер использованного испытательного манекена;

g) результаты испытаний (см. приложение B);

h) дату проведения испытаний;

i) подтверждение, что использованные методы проведения испытаний соответствуют настоящему стандарту;

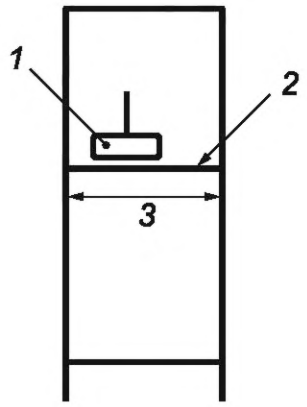
j) любые комментарии или наблюдения.

Приложение А
(справочное)

Модель для испытаний без водителя самобалансирующегося робота для перевозки людей

А.1 Пример построения модели

Модель, изображенная на рисунке А.1 может быть использована для испытаний в соответствии с разделами 12 и 13 за исключением испытаний с торможением и разворотом.

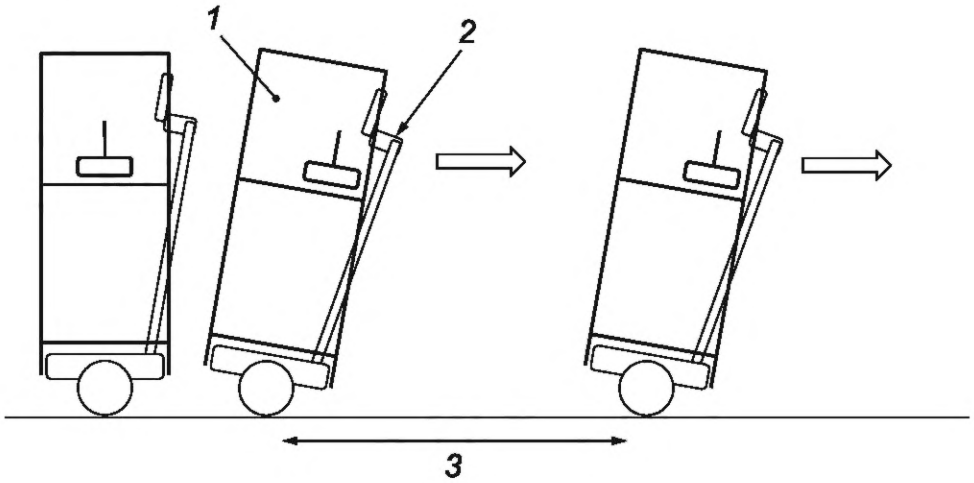


1 — подвижная масса; *2* — регулируемая по высоте поверхность; *3* — ход подвижной массы

Рисунок А.1 — Пример модели для испытаний без водителя самобалансирующегося робота для перевозки человека

А.2 Пример порядка проведения испытания

a) Установить робота на исходную позицию.
b) Наклонить робота вперед для ускорения.
c) Выполнить испытание.
См. рисунок А.2.



1 — модель; *2* — робот для перевозки человека; *3* — зона ускорения

Рисунок А.2 — Пример испытания без водителя

Приложение В
(справочное)

Примеры формы отчета о результатах испытаний

Испытание по ГОСТ Р 60.2.3.1—2021, 6.2 Акустический шум №	Наименование модели
	Серийный номер
	Обозначение образца
Температура:	Испытан на
Влажность:	Испытан при
Давление:	Испытан кем

Испытательное оборудование:

Поверхность испытательной дорожки (_____)

Акустическая измерительная система с прецизионным шумомером (класс I) ( )

Микрофон № 1 (_____), Микрофон № 2 (_____), Микрофон № 3 (_____),
Микрофон № 4 (_____), Микрофон № 5 (_____)

Фоновый шум: _____ дБ*А*

Модель движения: _____

Расположение микрофона № 1: _____ м Расположение микрофона № 4: _____ м

Расположение микрофона № 2: _____ м Расположение микрофона № 5: у уха пассажира

Расположение микрофона № 3: _____ м

Результаты измерений

Режим	Испытание №	Шум от проезжающего робота					Шум для пассажира	
		Микрофоны на ___ м		Микрофоны на ___ м		Макс. из средних	№ 5	Макс. из средних
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4			
1	S-1	–	–	–	–		–	
	S-2	–	–	–	–		–	
	S-3	–	–	–	–		–	
	S-4	–	–	–	–		–	
	Среднее	–	–	–	–	–	–	–
2	A-1	–	–	–	–		–	
	A-2	–	–	–	–		–	
	A-3	–	–	–	–		–	
	A-4	–	–	–	–		–	
	Среднее	–	–	–	–		–	

Описание испытательного стенда (фото или чертеж)

Рисунок В.1 — Пример протокола испытаний (акустический шум)

Испытание по ГОСТ Р 60.2.3.1—2021, 13.4.5, 13.4.6 Спуск со ступени №	Наименование модели
	Серийный номер
	Обозначение образца
Температура:	Испытан на
Влажность:	Испытан при
Давление:	Испытан кем

Испытательное оборудование: Поверхность испытательной дорожки (_____)
Система измерения скорости (_____)

Условия проведения испытаний:

Высота ступени: _____ мм
Коэффициент трения поверхности: _____
Внутреннее давление в шинах: _____ кПа
Вес пассажира: _____ кг
Дополнительная нагрузка: _____ кг

Результаты

Скорость	Угол между ступенью и движением	Падение робота, пассажира или нагрузки		Достигнутая скорость, м/с
От остановки	90°	Да	Нет	–
От остановки	10° слева	Да	Нет	–
От остановки	10° справа	Да	Нет	–
Максимальная	90°	Да	Нет	–
Максимальная	10° слева	Да	Нет	–
Максимальная	10° справа	Да	Нет	–

Описание испытательного стенда (фото или чертеж)

Рисунок В.2 — Пример протокола испытаний (динамическая устойчивость)

Испытание по ГОСТ Р 60.2.3.1—2021, 14.1 Интеграция ЭЭЧА №	Наименование модели
	Серийный номер
	Обозначение образца
Температура:	Испытан на
Влажность:	Испытан при
Давление:	Испытан кем

Испытательное оборудование: Образец для испытаний (_____) Фон (_____)
Источник света (_____)

Условия проведения испытаний:

Освещенность: _____

Достигнутая скорость: _____ мм/с (продольная), _____ мм/с (поперечная)

Расстояние безопасности: _____ мм (продольное), _____ мм (поперечное)

Результаты испытаний:

Номер испытания	Направление	Время реакции, соответствующее расстоянию безопасности, с			Достигнутое время реакции, с	Успешно
1	Справа	–	–	–	–	Да/Нет
2	Справа	–	–	–	–	Да/Нет
3	Справа	90°	Да	Нет	–	Да/Нет
4	Слева	10° слева	Да	Нет	–	Да/Нет
5	Слева	10° справа	Да	Нет	–	Да/Нет
6	Слева	90°	Да	Нет	–	Да/Нет
7	Спереди	10° слева	Да	Нет	–	Да/Нет
8	Спереди	10° справа	Да	Нет	–	Да/Нет
9	Спереди	–	–	–	–	Да/Нет
10	Сзади	–	–	–	–	Да/Нет
11	Сзади	–	–	–	–	Да/Нет
12	Сзади	–	–	–	–	Да/Нет

Описание испытательного стенда (фото или чертеж)

Рисунок В.3 — Пример протокола испытаний (интеграция ЭЭЧА)

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р 60.2.2.1—2016/ ИСО 13482:2014	IDT	ISO 13482:2014 «Роботы и робототехнические устройства. Требования безопасности к роботам по персональному уходу»

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

- IDT — идентичный стандарт.

Библиография

[1]	ИСО 13855:2010	Безопасность машин. Позиционирование защитного оборудования с учетом скорости сближения частей человеческого тела
[2]	ИСО 13856-3	Безопасность машин. Сенсорные защитные устройства. Часть 3. Общие принципы расчета и испытания сенсорных бамперов, пластинок, проводов и аналогичных устройств
[3]	ИСО 16024	Устройства индивидуальной защиты от падения с высоты. Системы гибких горизонтальных спасательных тросов
[4]	МЭК 60068-2-3	Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-3. Испытания. Испытание Са. Влажное тепло, установившийся режим
[5]	МЭК 60068-2-13	Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-13. Испытания. Испытание М: Низкое атмосферное давление
[6]	МЭК 60068-2-14:2009	Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-14. Испытание. Испытание N: Изменение температуры
[7]	МЭК 60068-2-17:1994	Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-17. Испытания. Испытание Q: Герметичность
[8]	МЭК 60068-2-18:2017	Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-18. Испытания. Испытание R и руководство: Вода
[9]	МЭК 60068-2-27	Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-27. Испытания. Испытание Еа и руководство: Удар
[10]	МЭК 60068-2-31	Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-31. Испытания. Испытание Ес: Воздействия при грубом обращении, в основном, с образцами аппаратуры
[11]	МЭК 60068-2-40	Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-40. Испытания. Испытание Z/AM: Комбинированное испытание на воздействие холода/пониженного атмосферного давления
[12]	МЭК 60068-2-41	Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-41. Испытания. Испытание Z/BM: Комбинированное испытание на воздействие сухого тепла/пониженного атмосферного давления
[13]	МЭК 61000-4-2	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-2. Методики испытаний и измерений. Испытание на невосприимчивость к электростатическому разряду
[14]	МЭК 61000-4-6	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-6. Методы испытаний и измерений. Устойчивость к кондуктивным помехам, создаваемым радиочастотными полями
[15]	МЭК 61000-4-11	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-11. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к провалам напряжения, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения для оборудования с номинальным потребляемым током не более 16 А в одной фазе
[16]	МЭК 61000-6-1	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-1. Общие стандарты. Стандарт помехоустойчивости для жилых, коммерческих и легких промышленных обстановок
[17]	МЭК 61000-6-2	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-2. Общие стандарты. Стандарт помехоустойчивости для промышленных обстановок
[18]	МЭК 61496 (все части)	Безопасность механизмов. Защитная электрочувствительная аппаратура
[19]	МЭК 61496-3	Безопасность механизмов. Защитная электрочувствительная аппаратура. Часть 3. Частные требования к средствам защиты, использующим активные оптоэлектронные защитные устройства, чувствительные к диффузному отражению (AOPDDR)
[20]	IEC/TS 61496-4-2	Безопасность машин. Защитная электрочувствительная аппаратура. Часть 4-2. Частные требования к аппаратуре, использующей защитные приборы на основе технического зрения (VBPD). Дополнительные требования при использовании техники эталонного образца (VBPDPP)

[21]	*IEC/TS 61496-4-3*	*Безопасность машин. Защитная электрочувствительная аппаратура. Часть 4-3. Частные требования к аппаратуре, использующей защитные приборы на основе технического зрения (VBPD). Дополнительные требования при использовании техники стереоскопического зрения (VBPDST)*
[22]	*МЭК 61672-1*	*Электроакустика. Шумомеры. Часть 1. Технические требования*
[23]	*ЕН 62998-721*	*Безопасность машин. Защитная электрочувствительная аппаратура. Связанные с безопасностью датчики, используемые для защиты человека*

УДК 621.865:8:007.52:006.86:006.354 ОКС 25.040.30

Ключевые слова: роботы, робототехнические устройства, сервисные роботы, роботы по персональному уходу, методы испытаний, безопасность

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Г.Д. Мухиной*

Сдано в набор 29.11.2021. Подписано в печать 20.12.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,98. Уч.-изд. л. 6,28.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru