ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 60.0.2.1— 2016

РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

Общие требования по безопасности

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным автономным научным учреждением «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 459 «Информационная поддержка жизненного цикла изделий»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2016 г. № 1843-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений стандарта АНСИ/ЮЛ 1740 «Стандарт по безопасности для роботов и робототехнических устройств» (ANSI/UL 1740 «Standard for safety for robots and robotic equipment», NEQ)

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 ежемесячном информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2016

Настоящий стандарт не может быть 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 Требования по безопасности к конструкции робота . . . 4
4.1 Общие положения . . . 4
4.2 Требования к каркасу и корпусу робота . . . 4
4.3 Требования к установке робота . . . 10
4.4 Требования к минимальным расстояниям . . . 11
4.5 Требования к органам управления . . . 11
4.6 Требования к доступности неизолированных токоведущих частей, проводов с пленочным покрытием и движущихся узлов . . . 11
4.7 Требования к защите от коррозии . . . 12
4.8 Требования к используемым полимерным материалам . . . 13
4.9 Требования к подключению внешней электропроводки . . . 13
4.10 Требования к портативному оборудованию робота . . . 15
4.11 Требования к стационарному оборудованию робота . . . 16
4.12 Требования к устройству разгрузки от натяжения . . . 16
4.13 Требования к проходным изоляторам . . . 16
4.14 Требования к токоведущим частям . . . 16
4.15 Требования к проводникам . . . 17
4.16 Требования к заземлению . . . 20
4.17 Требования к соединениям между внутренними частями . . . 21
4.18 Требования к электродвигателям . . . 23
4.19 Требования к печатным платам . . . 24
4.20 Требования к трансформаторам . . . 24
4.21 Требования к конденсаторам, варисторам и резистивно-емкостным модулям . . . 24
4.22 Требования к устройствам отключения питания . . . 24
4.23 Требования к токовой защите проводников цепи управления . . . 25
4.24 Требования к расстояниям между токоведущими частями . . . 26
4.25 Требования к пространству для внешней электропроводки . . . 32
4.26 Требования к разделению цепей . . . 33
4.27 Требования к использованию лазеров и рентгеновской аппаратуры . . . 34
5 Требования по обеспечению безопасности персонала . . . 34
5.1 Общие положения . . . 34
5.2 Требования к острым углам и кромкам . . . 34
5.3 Требования к подвижным частям робота, кроме манипулятора . . . 35
5.4 Требования к подвижным частям робота, относящимся к манипулятору . . . 35
5.5 Требования к нагреву оборудования . . . 36
5.6 Требования к монтажным приспособлениям . . . 36
5.7 Требования к деталям и узлам, находящимся под давлением . . . 36

5.8 Требования к устройствам для сброса давления . . . 36
5.9 Требования к защите пользователей и обслуживающего персонала . . . 37
5.10 Аккумуляторные батареи и цепи питания . . . 42
6 Проверка характеристик, влияющих на безопасность . . . 42
6.1 Общие положения . . . 42
6.2 Проверка потребляемой мощности . . . 42
6.3 Термические испытания . . . 42
6.4 Проверка работоспособности при повышенном и пониженном напряжении . . . 47
6.5 Проверка тока утечки . . . 47
6.6 Роботы, предназначенные для работы в водной среде . . . 47
6.7 Роботы, предназначенные для работы на открытом воздухе . . . 48
6.8 Проверка максимального напряжения на электролитических конденсаторах . . . 48
6.9 Проверка аккумуляторов и их цепей . . . 48
6.10 Проверка пульта обучения . . . 49
6.11 Проверка соединительных проводов и кабелей . . . 49
6.12 Проверка нарушения работоспособности . . . 49
6.13 Проверка работоспособности при выходе из строя элементов электрических цепей . . . 50
6.14 Проверка работоспособности при перегрузке . . . 50
6.15 Ресурсное испытание . . . 51
6.16 Проверка отключения и восстановления питания . . . 51
6.17 Проверка аварийного останова . . . 51
6.18 Проверка максимального времени и расстояния торможения . . . 51
6.19 Проверка аварийного перемещения манипулятора при выключенном питании приводов . . . 51
6.20 Проверка захватного устройства (рабочего органа) . . . 51
6.21 Измерение медленной скорости в режиме обучения . . . 52
6.22 Проверка воздействия выброса напряжения . . . 52
6.23 Проверка напряжения пробоя диэлектрика . . . 52
6.24 Проверка перегорания (перегрузки трансформатора) . . . 53
6.25 Проверка сопротивления заземления . . . 54
6.26 Проверка разгрузки от натяжения . . . 54
6.27 Проверка проводов на изгиб . . . 54
6.28 Проверка устойчивости робота . . . 55
6.29 Проверка подъема и погрузки на транспортное средство . . . 55
6.30 Проверка установочных средств . . . 55
6.31 Проверка элементов, находящихся под давлением . . . 55
6.32 Проверка устройств для сброса давления . . . 56
6.33 Проверка корпуса . . . 56
6.34 Проверка нагрузки на горизонтальную поверхность . . . 57
6.35 Проверка уплотнений . . . 57
6.36 Проверка ударопрочности стеклянных вставок . . . 57
6.37 Проверка крепления откидных крышек . . . 57
6.38 Проверка крепления колес или роликов . . . 57
6.39 Анализ компонентов . . . 57
6.40 Анализ программного обеспечения, связанного с безопасностью . . . 59

7 Производственные испытания . . . 59
7.1 Проверка напряжения пробоя диэлектрика на производственной линии . . . 59
7.2 Проверка непрерывности заземления на производственной линии . . . 60
7.3 Проверка непрерывности заземления при производственных испытаниях . . . 60
8 Номинальные характеристики . . . 60
8.1 Общие положения . . . 60
9 Маркировка . . . 61
9.1 Общие положения . . . 61
9.2 Электропроводка . . . 62
9.3 Повышенная температура окружающей среды . . . 63
9.4 Предупреждающие надписи . . . 64
10 Инструкции . . . 65
10.1 Инструкции предприятия-изготовителя . . . 65
Библиография . . . 67

Введение

Стандарты комплекса ГОСТ Р 60 распространяются на роботы 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 и параметров.

Стандарты комплекса ГОСТ Р 60 представляют собой совокупность отдельно издаваемых стандартов. Стандарты данного комплекса относятся к одной из следующих тематических групп по ГОСТ Р 60.0.0.1: «Общие положения, основные понятия, термины и определения», «Технические и эксплуатационные характеристики», «Безопасность», «Виды и методы испытаний», «Механические интерфейсы», «Электрические интерфейсы», «Коммуникационные интерфейсы», «Методы 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 и сервисным мобильным роботам.

Настоящий стандарт относится к тематической группе «Безопасность» и распространяется на все роботы и робототехнические устройства.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

Общие требования по безопасности

Robots and robotic devices. General requirements for safety

Дата введения — 2018—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие требования по безопасности для роботов и робототехнических устройств.

Примечание — Далее в тексте настоящего стандарта используется термин «робот», который относится как к роботам (3.1), так и к робототехническим устройствам (3.2), если иное не оговорено особо.

Требования настоящего стандарта распространены:

- на роботы, предназначенные для использования в наземных условиях в помещениях и на открытом воздухе;
- стационарные и мобильные роботы;
- промышленные роботы;
- сервисные роботы.

Требования настоящего стандарта не распространены на роботы, обладающие уникальными особенностями или функциями, связанными со спецификой применения или целевого оборудования. Такие роботы следует оценивать на соответствие требованиям других специализированных стандартов.

Примечания

1 Роботы, предназначенные для применения в экстремальных условиях, должны также соответствовать требованиям по безопасности, установленным для данных условий.

2 Требования по безопасности для робототехнических комплексов, предназначенных для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения, и их систем управления установлены в ГОСТ Р 54344 и ГОСТ Р 55895.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004—91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.007—76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.010—76 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования

ГОСТ 8865—93 Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация

ГОСТ 14254—96 (МЭК 529—89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)

ГОСТ 23752—79 Платы печатные. Общие технические условия

ГОСТ 27483—87 Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания нагретой проволокой

ГОСТ 30244—94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть

ГОСТ 30630.0.0—99 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования

Издание официальное

ГОСТ 30630.1 (все части) Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий

ГОСТ 30630.2 (все части) Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий

ГОСТ Р 8.585—2001 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования

ГОСТ Р 12.1.019—2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ Р 12.4.026—2016 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ Р 60.0.0.1—2016 Роботы и робототехнические устройства. Общие положения

ГОСТ Р 50827—95 (МЭК 670—89) Корпуса для аппаратов, устанавливаемые в стационарные электрические установки бытового и аналогичного назначения. Общие требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51901.12—2007 (МЭК 60812:2006) Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов

ГОСТ Р 52630—2012 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия

ГОСТ Р 52760—2007 Аппаратура трубопроводная. Требования к маркировке и отличительной окраске

ГОСТ Р 53429—2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции

ГОСТ Р 54344—2011 Техника пожарная. Мобильные робототехнические комплексы для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний

ГОСТ Р 55490—2013 Платы печатные. Общие технические требования к изготовлению и приемке

ГОСТ Р 55895—2013 Техника пожарная. Системы управления робототехнических комплексов для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения. Общие технические требования. Методы испытаний

ГОСТ Р МЭК 60204-1—2007 Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования

ГОСТ Р МЭК 61960—2007 Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной и другие некислотные электролиты. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи литиевые для портативного применения

ГОСТ Р МЭК 62660-1—2014 Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 1. Определение рабочих характеристик

ГОСТ Р МЭК 62660-2—2014 Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 2. Испытания на надежность и эксплуатацию с нарушением режимов

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 следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

робот (robot): Исполнительное устройство с двумя или более программируемыми степенями подвижности, обладающее определенным уровнем автономности и способное перемещаться во внешней среде с целью выполнения поставленных задач.

[1], пункт 2.6]

3.2

робототехническое устройство (robotic device): Исполнительное устройство, обладающее свойствами промышленного или сервисного робота, но у которого отсутствует требуемое число программируемых степеней подвижности или определенный уровень автономности.

[1], пункт 2.8]

3.3

степень подвижности (axis): Управляемая координата, используемая для определения вращательного или поступательного движения робота.

[1], пункт 4.3]

3.4

автономность (autonomy): Способность выполнять поставленные задачи в зависимости от текущего состояния и восприятия окружающей среды без вмешательства человека.

[1], пункт 2.2]

3.5

промышленный робот (industrial robot): Автоматически управляемый, перепрограммируемый манипулятор, программируемый по трем или более степеням подвижности, который может быть установлен стационарно или на мобильной платформе для применения в целях промышленной автоматизации.

[1], пункт 2.9]

3.6

сервисный робот (service robot): Робот, выполняющий нужную для человека или оборудования работу, за исключением применений в целях промышленной автоматизации.

[1], пункт 2.10]

3.7

манипулятор (manipulator): Устройство, механизм которого обычно состоит из нескольких звеньев, вращающихся или перемещающихся поступательно друг относительно друга с целью взятия и/или перемещения объектов (деталей или инструмента), как правило, по нескольким степеням свободы.

[1], пункт 2.1]

3.8

степень свободы (degree of freedom): Одна из координат, максимальное число которых — 6, необходимых для определения движения тела в пространстве.

[1], пункт 4.4]

3.9

мобильный робот (mobile robot): Робот, способный передвигаться под своим собственным управлением.

[1], пункт 2.13]

3.10

мобильная платформа (mobile platform): Совокупность всех компонентов мобильного робота, обеспечивающих его передвижение.

[1], пункт 3.18]

3.11 **манипуляционный робот** (manipulating robot): Автоматически управляемый, перепрограммируемый манипулятор, программируемый по трем или более степеням подвижности, который может быть установлен стационарно или на мобильной платформе.

3.12 **транспортный робот** (transport robot): Мобильный робот, предназначенный для перемещения на своей платформе физических объектов.

4 Требования по безопасности к конструкции робота

4.1 Общие положения

4.1.1 В конструкции робота следует использовать по возможности однородные материалы, подходящие для его области применения и изготовленные с использованием современного оборудования.

4.1.2 Конструкция робототехнического устройства должна обеспечивать:

- электробезопасность по ГОСТ Р 12.1.019;
- пожаробезопасность по ГОСТ 12.1.004;
- взрывобезопасность по ГОСТ 12.1.010;
- безопасность от воздействия вредных веществ по ГОСТ 12.1.007.

4.2 Требования к каркасу и корпусу робота

4.2.1 Общие положения

4.2.1.1 Робот должен быть сконструирован и изготовлен таким образом, чтобы его прочность и жесткость обеспечивали защиту от последствий неправильной эксплуатации или неблагоприятных условий окружающей среды, в которой он должен или будет эксплуатироваться. При этом не должен возрастать риск возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей из-за полного или частичного разрушения конструкции робота, которое может привести к уменьшению зазоров, выпадению или смещению частей робота или к другим серьезным дефектам. Примерами неблагоприятных условий внешней среды являются попадание воды, загрязнение нефтепродуктами, наличие неагрессивных и агрессивных жидкостей, паров, газов, пыли и песка в воздухе и т. д.

4.2.2 Требования к корпусу из литого металла

4.2.2.1 Толщина корпуса из литого металла должна быть не менее 3,2 мм в любом месте корпуса робота, более 3,2 мм в ребрах жесткости и рамках крышек и не менее 6,4 мм в резьбовых отверстиях для трубопровода.

4.2.2.2 Части корпуса, изготовленные из ковкого чугуна, а также литьем под давлением или кокильным литьем из алюминия, латуни, бронзы или цинка, должны иметь толщину не менее 2,4 мм при площади более 155 см^2 или любом линейном размере свыше 150 мм и не менее 1,6 мм при меньших размерах. Общая площадь корпуса может быть разграничена ребрами жесткости, разделяющими ее на меньшие участки.

4.2.3 Требования к корпусу из листового металла

4.2.3.1 Минимальные значения толщины корпуса из листового металла указаны в таблицах 1 и 2, за исключением мест крепления системы электропроводки, в которых толщина стали без покрытия должна составлять не менее 0,8 мм, оцинкованной стали — не менее 0,85 мм, цветного металла — не менее 1,2 мм.

Примечание — Данные, представленные в таблицах 1 и 2, соответствуют равномерному прогибу поверхности корпуса при любой заданной нагрузке, приложенной в центре поверхности корпуса, независимо от толщины металла.

Таблица 1 — Толщина листового металла для корпусов, изготовленных из углеродистой или нержавеющей стали

Без несущего каркаса[1)]		С несущим каркасом или эквивалентным усилением[1)]		Минимальная толщина	
Максимальная ширина[2)], мм	Максимальная длина[3)], мм	Максимальная ширина[2)], мм	Максимальная длина, мм	Без покрытия, мм	С металлическим покрытием, мм
100 120	Не ограничена 145	160 170	Не ограничена 210	0,50[4)]	0,6[4)]
150 180	Не ограничена 220	240 250	Не ограничена 320	0,65[4)]	0,75[4)]
200 230	Не ограничена 290	300 330	Не ограничена 410	0,80	0,90
320 360	Не ограничена 460	500 540	Не ограничена 640	1,05	1,15

Окончание таблицы 1

Без несущего каркаса[1]		С несущим каркасом или эквивалентным усилением[1]		Минимальная толщина	
Максимальная ширина[2], мм	Максимальная длина[3], мм	Максимальная ширина[2], мм	Максимальная длина, мм	Без покрытия, мм	С металлическим покрытием, мм
460 510	Не ограничена 640	690 740	Не ограничена 910	1,35	1,45
560 640	Не ограничена 790	840 890	Не ограничена 1100	1,50	1,60
640 740	Не ограничена 920	990 1040	Не ограничена 1300	1,70	1,80
840 970	Не ограничена 1200	1300 1370	Не ограничена 1680	2,00	2,10
1070 1200	Не ограничена 1500	1630 1730	Не ограничена 2130	2,35	2,45
1320 1520	Не ограничена 1900	2030 2130	Не ограничена 2620	2,75	2,85
1600 1850	Не ограничена 2300	2460 2620	Не ограничена 3230	3,10	3,20

[1] См. 4.2.3.2.

[2] Под шириной понимается меньшая сторона прямоугольного образца листового металла, являющегося частью корпуса робота. Смежные поверхности корпуса могут иметь общую опору и могут быть изготовлены из единого листа.

[3] Длина без ограничения применима только для тех случаев, когда край поверхности имеет загиб не менее 12,5 мм или прочно соединен с соседними поверхностями, которые являются несъемными при обычной эксплуатации.

[4] Листовая сталь для корпуса, предназначенного для эксплуатации на открытом воздухе в водонепроницаемом исполнении, не должна иметь толщину менее 0,85 мм при цинковом покрытии и не менее 0,80 мм без покрытия.

Таблица 2 — Толщина листового металла для корпуса робота из алюминия, меди или латуни

Без несущего каркаса[1]		С несущим каркасом или эквивалентным усилением[1]		Минимальная толщина, мм
Максимальная ширина[2], мм	Максимальная длина[3], мм	Максимальная ширина[2], мм	Максимальная длина мм	
75 90	Не ограничена 100	175 215	Не ограничена 240	0,60[4]
100 125	Не ограничена 150	255 270	Не ограничена 345	0,75
150 165	Не ограничена 200	355 380	Не ограничена 450	0,90
200 240	Не ограничена 290	485 535	Не ограничена 640	1,15
305 355	Не ограничена 410	710 760	Не ограничена 940	1,45
460 510	Не ограничена 640	1070 1150	Не ограничена 1400	1,90
640 740	Не ограничена 910	1530 1630	Не ограничена 1980	2,40

Окончание таблицы 2

Без несущего каркаса[1]		С несущим каркасом или эквивалентным усилением[1]		Минимальная толщина, мм
Максимальная ширина[2], мм	Максимальная длина[3], мм	Максимальная ширина[2], мм	Максимальная длина, мм	
940 1070	Не ограничена 1350	2210 2360	Не ограничена 2900	3,10
1320 1520	Не ограничена 1880	3120 3300	Не ограничена 4000	3,90

[1] См. 4.2.3.2.

[2] Под шириной понимается меньшая сторона прямоугольного образца листового металла, являющегося частью корпуса робота. Смежные поверхности корпуса могут иметь общую опору и могут быть изготовлены из единого листа.

[3] Длина без ограничения применима только для случаев, когда край поверхности имеет загиб не менее 12,5 мм или прочно соединен с соседними поверхностями, которые являются несъемными при обычной эксплуатации.

[4] Листовая медь, латунь или алюминий для корпуса, предназначенного для эксплуатации на открытом воздухе в водонепроницаемом исполнении, не должны иметь толщину менее 0,75 мм.

4.2.3.2 Несущий каркас робота должен представлять собой конструкцию из уголков, швеллеров или трубчатых секций из листового металла, которая жестко закреплена и имеет, по существу, те же наружные размеры, что и поверхность корпуса робота. Данная конструкция должна иметь достаточную жесткость при кручении, чтобы противостоять изгибающим моментам, которые могут быть приложены к поверхности корпуса при его отклонениях.

Конструкция корпуса робота без каркаса из уголков или швеллеров должна иметь жесткость, эквивалентную конструкции с каркасом. При этом к конструкциям без несущего каркаса относятся следующие виды корпусов:

- корпус из единого листа металла с фасонными кромками или ребрами;
- корпус из единого листа рифленого или ребристого металла;
- корпус, поверхность которого нежестко связана с каркасом, например, с помощью пружинных защелок;
- корпус, поверхность которого имеет неподдерживаемые края.

4.2.3.3 Корпус робота должен обеспечивать минимальный риск случайного контакта с находящимся внутри электрическим оборудованием, а также защиту находящегося внутри него оборудования от заданных внешних условий.

4.2.4 Требования к дверцам и крышкам

4.2.4.1 Дверцы и крышки на корпусе робота должны быть снабжены средствами для их надежной фиксации, такими как защелки, замки, блокираторы или винты.

Примечание — Откидная крышка, соответствующая требованиям, установленным в 6.37, может не иметь дополнительных средств фиксации.

4.2.4.2 Крышка должна быть откидной, если она обеспечивает доступ к предохранителям или любым другим устройствам защиты от перегрузки по току, которые требуют замены или обслуживания, либо существует необходимость открывать крышку в процессе нормальной работы робота.

Примечание — Откидная крышка на корпусе не требуется в следующих случаях:

- если доступ внутрь корпуса требуется только в случае перегорания предохранителя из-за перегрузки или короткого замыкания;
- если в корпусе размещен единственный плавкий предохранитель, защищающий цепь управления, нагрузка которой, не являющаяся постоянной нагрузкой, например контрольной лампой, также находится внутри данного корпуса;
- если снаружи корпуса имеются средства для установки в исходное состояние всех устройств защиты от перегрузки по току, расположенных внутри корпуса, или доступны инструменты, которые обеспечат установку данных устройств в исходное состояние, не открывая крышку.

4.2.4.3 Откидная крышка, за исключением крышек, требования для которых установлены в 4.2.4.4, должна быть снабжена пружинной защелкой, или невыпадающими многовитковыми, или частично поворотными крепежными средствами. Данные крепежные средства должны быть расположены так, чтобы обеспечить плотное прилегание крышки по всему периметру. Невыпадающие крепежные средства следует затягивать вручную или с помощью простого ручного инструмента, например, отвертки.

4.2.4.4 Дверцы, имеющие длину откидной стороны более 1,2 м, должны быть снабжены одним из следующих средств:

- многоточечным фиксатором, управляемым одной ручкой или рукояткой;
- двумя или более пружинными защелками либо невыпадающими крепежными средствами;
- одной задвижкой, управляемой ручкой, и одной пружинной защелкой или невыпадающим крепежным средством.

4.2.4.5 Для крышки на корпусе, которая не должна быть откидной в соответствии с примечанием к 4.2.4.2, могут использоваться обычные, а не невыпадающие крепежные средства.

4.2.4.6 Дверца, обеспечивающая доступ к предохранителю или любой части автоматического размыкателя цепи, кроме рукоятки управления, должна плотно прилегать к притвору корпуса на расстоянии не менее 6,5 мм. Пример прилегания дверцы к притвору корпуса показан на рисунке 1.

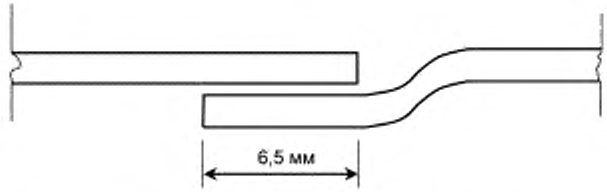


Рисунок 1 — Пример прилегания дверцы к притвору корпуса

4.2.4.7 Крышка, обеспечивающая доступ к предохранителю или любой части автоматического размыкателя цепи, кроме рукоятки управления, должна иметь отбортовку по всей длине своих четырех сторон. Борта крышки должны плотно прилегать к наружным стенкам корпуса в соответствии с рисунком 2 и таблицей 3. Может быть использовано приемлемое сочетание борта крышки и стенки корпуса.

4.2.4.8 Для того чтобы определить, соответствует ли крышка с отбортовкой требованию относительно ширины борта, установленному в 4.2.4.7, необходимо измерить расстояние между плоской поверхностью крышки (без учета радиусов, буртиков, выбоин и т. п.) и поверочной линейкой, расположенной на концах любых двух бортов в любом месте.

4.2.4.9 Прокладки, необходимые для корпусов электрооборудования для поддержания плотной посадки или обеспечения соответствия требованиям к рабочим характеристикам корпуса, должны быть закреплены с помощью клея или механическим способом. Прокладки и средства их крепления не должны повреждаться при открывании крышки. Конструкция корпуса, предусматривающая использование прокладок, обеспечивающих требуемое плотное прилегание, должна быть проверена на соответствие конкретным условиям эксплуатации.

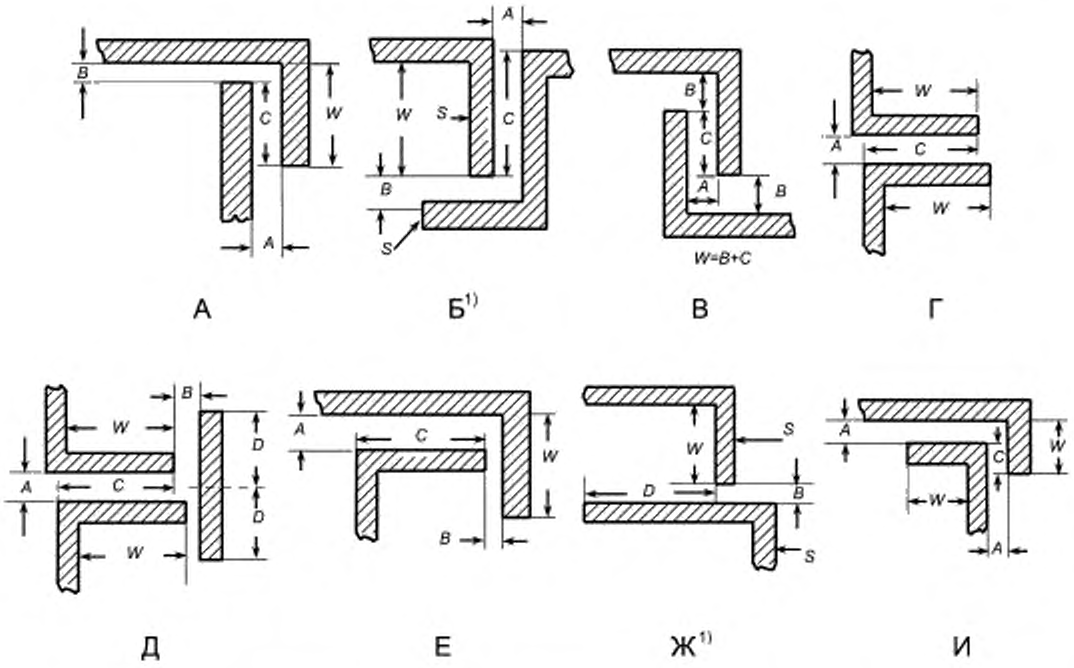
Таблица 3 — Линейные размеры для конструкций крышки с отбортовкой

Эскиз на рисунке 2	Линейные размеры				
	Минимальная ширина борта [1] (*W*), мм	Максимальное расстояние между деталями (*A*), мм	Максимальный зазор (*B*), мм	Минимальное перекрытие (*C*) мм	Минимальная длина ограничения (*D*), мм
А	13,0	3,2	3,2	11,0	—
А	19,0	4,8	4,8	16,0	—
А	25,0	6,4	6,4	22,0	—
Б	13,0	3,2	3,2	11,0	—
Б	19,0	4,8	4,8	16,0	—
Б	25,0	6,4	6,4	22,0	—

Окончание таблицы 3

Эскиз на рисунке 2	Линейные размеры				
	Минимальная ширина борта[1] (*W*), мм	Максимальное расстояние между деталями (*A*), мм	Максимальный зазор (*B*), мм	Минимальное перекрытие (*C*), мм	Минимальная длина ограничения (*D*), мм
В	13,0	4,8	4,8	7,0	—
В	19,0	6,4	6,4	11,0	—
Г	13,0	2,4	—	11,0	—
Д	13,0	3,2	3,2	11,0	7,0
Е	13,0	3,2	6,4	11,0	—
Ж[2]	13,0	—	0,8	—	13,0
И	7,0	3,2	—	5,0	—

[1] Допуск: минус 1,5 мм.
[2] Оборудование должно быть расположено в корпусе со стороны ограничения *D*, противоположной зазору *B*.



[1] Поверхности, обозначенные буквой *S* могут располагаться на одной линии, а не так, как показано на рисунке.

Рисунок 2 — Варианты конструкции крышки с отбортовкой
(размеры, обозначенные на эскизах А—И, приведены в таблице 3)

4.2.4.10 На рисунке 3 показан способ определения размера перекрытия между плоской крышкой и стенками корпуса с отбортовкой, а также на углах или стыках корпуса. Если радиус отгиба борта небольшой, то ширина борта и перекрытие определяются как W_1 или W_2 в соответствии с использованной конструкцией. Ширина борта и размер перекрытия должны быть не менее 13,0 мм. Если радиус отгиба борта значителен или если плоская поверхность находится с внутренней стороны борта, то перекрытие определяется как W_3 или W_4 и измеряется только в том месте, где крышка и корпус действительно находятся в контакте. Размер перекрытия также не должен быть менее 13,0 мм.

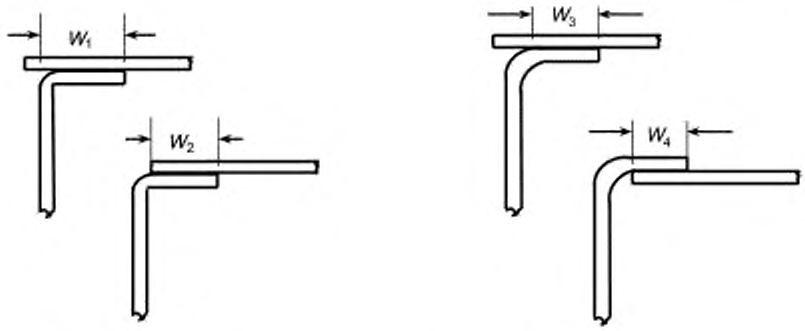


Рисунок 3 — Перекрытие между плоской крышкой и отбортовкой корпуса

4.2.4.11 Плоские полосы, используемые для формирования притвора, или угловые полосы, прикрепленные к краям дверцы, обеспечивающей доступ к предохранителю или любой части автоматического размыкателя цепи, кроме рукоятки управления, должны иметь толщину не менее 60 % от требуемой толщины металлического корпуса, но не менее 1,0 мм при использовании стали без покрытия, не менее 1,15 мм для оцинкованной стали и не менее 1,5 мм для цветных металлов. Полосы должны быть закреплены не менее чем в двух точках. Расстояние между концом полосы и точкой закрепления должно быть не более 40 мм, а расстояние между соседними точками закрепления должно быть не более 150 мм.

4.2.4.12 Непрерывность соединений для крышки с пружинной защелкой или с фиксаторами должна соответствовать требованиям, установленным в 4.17.

4.2.5 Требования к неметаллическому корпусу

4.2.5.1 Общие положения

Требования, установленные в 4.2.5.2—4.2.5.5, относятся к корпусам из полимерных материалов.

Неметаллический корпус или части корпуса должны иметь достаточную механическую прочность и долговечность. Они должны обеспечивать защиту от повреждений от внешних воздействий, которые могут возникнуть во время установки и нормальной эксплуатации робота.

Корпус и части корпуса должны защищать людей от опасности поражения электрическим током, а материал, из которого они изготовлены, не должен создавать условия или способствовать возгоранию, поражению электрическим током или травмированию людей.

Факторами, которые необходимо учитывать при оценке пригодности неметаллического корпуса, являются:

- механическая прочность;
- стойкость к удару;
- влагопоглощение;
- устойчивость к горению и воспламенению от электрических источников;
- диэлектрические свойства, сопротивление изоляции и устойчивость к токам поверхностного разряда;
- устойчивость к пластической деформации при температуре, которой материал корпуса может подвергаться в процессе эксплуатации.

Материал корпуса не должен терять данные свойства в результате старения ниже минимально приемлемого уровня. Испытания неметаллических корпусов для портативного и стационарного оборудования должны проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 27483 и ГОСТ Р 50827.

4.2.5.2 Требования к соединениям

Неметаллические части робота должны иметь маркировку в соответствии с 9.4.10, если не предусмотрены специальные средства соединения проходящих по ним кабелепроводов.

4.2.5.3 Требования к компонентам корпуса

Компоненты, входящие в состав корпуса, например шкала или паспортная табличка предприятия-изготовителя, должны быть изготовлены из металла или другого материала в соответствии с требованиями, установленными в данном подпункте.

Неметаллические компоненты, например клавиша сброса, рукоятка или кнопка, площадь которых не превышает 6,5 см^2 и которые выступают через отверстия в корпусе, должны быть изготовлены из материала, соответствующего группе горючести не хуже Г3 по ГОСТ 30244.

Неметаллические компоненты, которые выступают через отверстия в корпусе, имеющими площадь более 6,5 см^2, должны быть изготовлены из материала, соответствующего требованиям 4.2.5.1 и 4.2.5.3.

4.2.5.4 Требования к смотровым проемам в корпусе

Стекло, покрывающее смотровой проем или аналогичное отверстие, должно быть закреплено на месте так, чтобы оно обеспечивало механическую защиту для находящихся внутри элементов и не могло быть легко сдвинуто при обслуживании.

Стекло для смотрового проема размером не более 100,0 мм в любом измерении не должно иметь толщину менее 1,6 мм, а стекло для большего проема, но площадь которого не более 930 см^2 , а линейные размеры не более 300,0 мм, должно иметь толщину не менее 3,2 мм. Стекло, используемое для покрытия проемов большей площади, должно иметь толщину не менее 3,2 мм и соответствовать одному из следующих требований:

- стекло должно быть безосколочным или закаленным;
- стекло должно выдерживать удар с энергией 3,4 Дж.

4.2.5.5 Требования к вентиляционным отверстиям

В корпусе могут быть предусмотрены вентиляционные отверстия, если оборудование, для которого необходима вентиляция, соответствует требованиям данного подпункта, а также:

- если оборудование расположено в отдельной вентилируемой части корпуса или отсека либо
- если оборудование расположено в отдельном вентилируемом корпусе или отсеке.

Вентиляционные отверстия не должны располагаться в отсеках или частях корпуса, содержащих соединения внешней электропроводки цепей линейного напряжения.

Вентиляционное отверстие не должно располагаться на монтажной поверхности корпуса.

Кратчайшее расстояние между вентиляционным отверстием и нижней частью или монтируемой к стене поверхностью корпуса должно быть равно не менее одной четверти высоты или глубины корпуса соответственно или 25,0 мм.

Вентиляционное отверстие может быть предусмотрено на нижней поверхности корпуса, если через него не могут выпасть элементы, находящиеся внутри корпуса.

Не должно быть выбросов пламени или расплавленных частиц материала через вентиляционные отверстия либо другой опасности возгорания во время испытаний в нормальных условиях или при наличии неисправностей, например, при перегорании трансформатора и выгорании контактов реле с заблокированным якорем.

Если конструкция оборудования с принудительной вентиляцией не предусматривает прямого пути между токоведущими частями и выпускным отверстием, то должны быть проведены испытания в дополнение к указанным в данном подпункте для того, чтобы убедиться в отсутствии выброса пламени или расплавленных частиц материала через данное отверстие.

Воздух, выбрасываемый из вентиляционного отверстия принудительным или естественным образом, не должен быть направлен:

- в воздуховод или в непроветриваемое пространство в здании;
- на монтажную поверхность;
- таким образом, что создаваемое им возмущение будет воздействовать на другое оборудование.

4.3 Требования к установке робота

4.3.1 Оборудование робота, которое должно быть стационарно установлено на рабочем месте, должно быть оснащено средствами для его надежного закрепления. Болты, винты или другие детали, используемые для установки оборудования, должны храниться отдельно от крепежа, используемого для закрепления компонентов оборудования на каркасе, основании или панели.

4.3.2 Портативное оборудование робота не должно быть оснащено средствами для его установки в стационарное положение. Если данное оборудование устанавливается так, что возможно его удаление без применения инструментов, то в его состав могут входить средства для отключения от электросети.

Примечание — Портативное оборудование робота может комплектоваться средствами для его подвешивания или хранения.

4.3.3 Приводы и средства управления аварийным остановом, отвечающие за вращательные степени подвижности робота, ослабление крепления которых может создать опасную ситуацию или вызвать нарушение работоспособности функции обеспечения безопасности, должны быть механически закреплены с помощью иных средств, нежели просто трение, например, с помощью использования шлицевого или шпоночного соединения.

4.4 Требования к минимальным расстояниям

4.4.1 Если требования к техническому обслуживанию и контролю за действиями робота предусматривают привлечение только квалифицированных специалистов, то свободное расстояние в направлении доступа к токоведущим частям с напряжением не более 230 В, к частям с высокой температурой, высоким давлением или к движущимся частям, которые могут создать риск травмирования людей, но которые требуют проверки, регулировки, настройки или технического обслуживания под напряжением, должно быть не менее 0,9 м. Если органы управления находятся в шкафах, то их дверцы должны открываться не менее чем на 90° или быть съемными.

4.5 Требования к органам управления

4.5.1 Оборудование робота должно быть проверено в условиях реальной эксплуатации, чтобы оценить его соответствие всем предъявляемым требованиям и сделать вывод о его готовности к применению.

4.5.2 Позиции рукояток управления в случае необходимости должны иметь маркировку, являющуюся руководством для правильного использования.

4.5.3 Орган управления, у которого имеется или должна быть нанесена маркировка позиции «Выключено» либо у которого данная позиция подразумевается, должен обеспечивать:

- размыкание с созданием воздушного зазора всех незаземленных проводников данной электрической цепи;
- невозможность автоматического возврата во включенное состояние, например, с помощью специальных механических средств.

Примечание — Выключенное состояние полупроводникового переключателя не является размыканием электрической цепи с созданием воздушного зазора.

4.5.4 Электронные компоненты, например резисторы, конденсаторы, диоды и т. д., не должны соединяться через контакты органа управления, связанного с обеспечением безопасности, либо защитного или ограничивающего устройства.

Примечание — Электронные компоненты могут соединяться через контакты органа управления, связанного с обеспечением безопасности, если проведенные исследования доказали допустимость данного соединения.

4.6 Требования к доступности неизолированных токоведущих частей, проводов с пленочным покрытием и движущихся узлов

4.6.1 Для снижения вероятности непреднамеренного контакта, который может создать риск поражения электрическим током от неизолированных токоведущих частей или проводов с пленочным покрытием, либо травмирования людей движущимися узлами, они должны быть расположены на расстоянии от отверстия в корпусе, указанном в таблице 4.

Примечания

1 Двигатель может не соответствовать данным требованиям, если он соответствует требованиям, установленным в 4.6.2.

2 Оборудование робота, имеющее функциональные отверстия в корпусе, например предназначенные для обеспечения движения механических узлов, может не соответствовать данным требованиям.

Таблица 4 — Минимальные расстояния от отверстия в корпусе до частей и узлов, которые могут вызвать поражение электрическим током или травмирование людей

Диаметр или меньший размер отверстия, мм	Минимальное расстояние от отверстия, мм
6,0	5,0
9,0	30,0
12,0	60,0
15,0	90,0

Окончание таблицы 4

Диаметр или меньший размер отверстия, мм	Минимальное расстояние от отверстия, мм
19,0	114,0
25,0	165,0
32,0	190,0
38,0	318,0
48,0	394,0
54,0	444,0
54,1—152,0	762,0
Примечание — Для отверстий с размером, отличающимся от указанных значений, минимальное расстояние до опасных частей и узлов должно определяться с помощью интерполяции.	

4.6.2 Токоведущие части и провода с пленочным покрытием, расположенные внутри корпуса двигателя, должны удовлетворять следующим требованиям:

- отверстия диаметром менее 19,0 мм допустимы, если:

1) движущиеся детали и провода с пленочным покрытием недоступны через данное отверстие для металлического щупа диаметром 12,0 мм и длиной 100,0 мм;

2) в непосредственно доступном двигателе неизолированные токоведущие части недоступны через данное отверстие для испытательного шарнирного пальца, определенного в ГОСТ 14254;

3) в условно доступном двигателе неизолированные токоведущие части недоступны через данное отверстие для металлического щупа диаметром 12,0 мм и длиной 100,0 мм;

- отверстия диаметром 19,0 мм и более допустимы, если движущиеся узлы или провода с пленочным покрытием расположены на расстоянии от отверстия, указанном в таблице 4.

Примечания

1 Двигатель считается непосредственно доступным, если:

- контакт с двигателем возможен без открывания или снятия любой детали;
- двигатель расположен так, что контакт с ним возможен.

2 Двигатель считается условно доступным, если:

- двигатель является доступным только при открывании или снятии части внешней защитной оболочки без использования инструмента или
- двигатель расположен на такой высоте или имеет такое ограждение или защитную оболочку, что контакт с ним маловероятен.

4.6.3 При проверке робота на соответствие требованиям 4.6.1 или 4.6.2 части корпуса, которые могут быть открыты или сняты пользователем без использования какого-либо инструмента, должны быть открыты или сняты.

4.6.4 При соблюдении требований, установленных в 4.6.1 и 4.6.2, изолированный щеткодержатель двигателя не требует дополнительной защиты.

4.7 Требования к защите от коррозии

4.7.1 Железные и стальные детали должны быть защищены от коррозии посредством эмалирования, гальванизации, хромирования или других эквивалентных покрытий.

Примечания

1 Подшипники, термоэлементы и т. п. могут не иметь такой защиты, если она нецелесообразна.

2 Мелкие вспомогательные детали, изготовленные из железа и стали, например шайбы, винты, болты и т. п., которые не являются токоведущими, могут не иметь защитного покрытия, если их коррозия не может вызвать риск возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей.

3 Детали, изготовленные из нержавеющей стали (при необходимости полированные или обработанные надлежащим образом), алюминия, магния и никеля, не требуют защитного покрытия.

4.7.2 Требование, установленное в 4.7.1, распространяется на любые корпуса из листовой стали или литые, а также на любые пружины и другие детали, от которых может зависеть надлежащая работа механических узлов.

4.7.3 Корпуса, подвергающиеся воздействию агрессивной внешней среды, например солевого тумана, должны соответствовать требованиям к корпусам электрооборудования, установленным в ГОСТ 14254 и ГОСТ Р 50827.

4.8 Требования к используемым полимерным материалам

4.8.1 Общие положения

4.8.1.1 Защитные и изолирующие компоненты, например изолирующие шайбы или втулки, а также основания и платы для монтажа токоведущих частей должны быть изготовлены из влагостойкого материала, на который не будут отрицательно влиять температура и нагрузки, воздействию которых они будут подвергаться при нормальной эксплуатации робота.

4.8.1.2 Полимерный материал должен быть оценен относительно пригодности для применения робота по назначению. Если для определения пригодности материала необходимо проведение дополнительных исследований, то внимание должно быть уделено следующим характеристикам:

- механическая прочность материала, устойчивость к возгоранию от большого тока или напряжения, диэлектрическая прочность, сопротивление изоляции и термостойкость как в состаренном, так и в несостаренном состоянии;
- степень укрытия материала корпусом;
- любые другие факторы, влияющие на риск возгорания, поражения электрическим током или травмирование людей. Все факторы должны рассматриваться применительно к реальным условиям эксплуатации.

4.8.1.3 Полимерные материалы, используемые для узлов, вызывающих опасность поражения электрическим током, возгорания или травмирования людей, должны относиться к группе горючести не хуже Г3 по ГОСТ 30244.

4.8.1.4 Полимерные материалы, используемые для узлов, не вызывающих опасность поражения электрическим током, возгорания или травмирования людей, могут относиться к группе горючести Г4 по ГОСТ 30244. На внутренние ремни, ролики и т. п. требования, предъявляемые к полимерным материалам, не распространены.

4.8.2 Мелкие детали

4.8.2.1 Требования к возгораемости и другие требования, установленные в 4.8.1.3 и 4.8.1.4, не распространяются на отдельные мелкие детали, к которым относятся детали, имеющие следующие характеристики:

- объем, не превышающий 2,0 $см^3$;
- максимальный размер, не превышающий 30,0 мм;
- расположение детали препятствует распространению возгорания из одной части оборудования в другую или использованию данной детали в качестве передаточного звена между возможным источником возгорания и другими горючими частями робота.

4.9 Требования к подключению внешней электропроводки

4.9.1 Общие положения

4.9.1.1 Отсеки и каналы, предназначенные для разводки и укладки внешней электропроводки, не должны иметь шероховатых, острых или подвижных участков, которые могут привести к повреждению изоляции проводников.

4.9.1.2 Оборудование робота, постоянно подключенное к цепям питания, должно иметь средства для соединения с системой заземления.

4.9.1.3 Должны быть предусмотрены оконечные элементы или выводы, пригодные для подсоединения проводников, имеющих токовую нагрузку не менее 125 % от максимального тока при полной нагрузке и одновременной работе всех двигателей.

4.9.1.4 Для токов свыше 100 А должны применяться проводники, выдерживающие температуру не менее 75 °С.

4.9.1.5 У оборудования с маркировкой, указывающей на допустимость использования медных, плакированных медью алюминиевых или алюминиевых проводников, оконечные элементы для подключения внешней электропроводки должны соответствовать требованиям для данного оборудования и требованию, установленному в 4.9.1.3, для проводников из каждого металла, который указан на маркировке (см. 9.2.10 и 9.2.11).

4.9.1.6 У оборудования, постоянно подключенного к электросети, клеммная коробка должна быть расположена так, чтобы соединения проводников в ней были доступны для осмотра без нарушения заводского или установочного монтажа электропроводки после того, как оборудование робота установлено надлежащим образом.

Примечания

1 Соединения проводов с оборудованием, устанавливаемым в распределительной коробке, могут быть доступны после удаления данного оборудования из распределительной коробки.

2 Поставляемые заводом-изготовителем провода для не связанных с безопасностью низковольтных цепей, подключенные к откидной панели или крышке, могут изгибаться.

4.9.1.7 Вывод внешней электропроводки не должен быть более чем на два стандартных размера меньше, чем медный проводник, с которым он будет соединен, и не должен иметь сечение меньше 0,75 мм^2. Например, для соединения с проводником, имеющим сечение 10 мм^2, может быть использован вывод внешней электропроводки с сечением 5 мм^2 или более. Длина вывода внешней электропроводки должна быть не менее 150 мм. Изоляция на таком проводе должна быть изготовлена:

- из термопластика или эквивалентного материала толщиной не менее 0,8 мм;
- из плотной резины с оплеткой толщиной не менее 0,4 мм при напряжении до 300 В;
- из плотной резины с оплеткой толщиной не менее 0,8 мм при напряжении от 300 до 600 В.

Примечания

1 Вывод внешней электропроводки сечением 0,75 мм^2 может быть использован для соединения с проводом выходной цепи сечением 2,5 мм^2.

2 Сечение вывода может быть более чем на два размера меньше сечения медного провода, с которым он должен быть соединен, но не менее 0,75 мм^2, в том случае если несколько поставляемых предприятием-изготовителем медных выводов предназначены для подключения к одной внешней нагрузке и при этом выполняются следующие условия:

- клемма для подключения внешнего провода является частью блока дистанционного управления и подходит для комбинации подключаемых к ней проводов;
- поставляемые предприятием-изготовителем выводы объединены в жгут или размещены так, что нагрузка не действует на отдельный вывод;
- на оборудование нанесена маркировка в соответствии с 9.2.12.

4.9.1.8 Гибкий вывод, предназначенный для подключения внешней электропроводки, должен соответствовать условиям эксплуатации.

4.9.1.9 Вывод, предназначенный для подключения к цепи внешнего линейного напряжения, не должен быть подсоединен с помощью зажимного винта или прижимного соединителя, расположенного в том же отсеке, в который подводится линейное напряжение, если только данный винт или соединитель не подходит для подключения внешней электропроводки или данный вывод изолирован на свободном конце, а маркировка, нанесенная на оборудование, прямо указывает на назначение данного вывода.

4.9.1.10 Поверхность изолированного вывода, предназначеннного исключительно для подключения заземляющего проводника, должна быть окрашена в зеленый цвет с одной или несколькими желтыми полосами или без полос, и никакие другие провода в отсеке подключения внешней электропроводки не должны иметь такую же окраску.

4.9.1.11 Свободный конец вывода внешней электропроводки, который не будет использоваться при каждой установке, например отвод для универсального трансформатора или один свободный вывод для однополюсного двухпозиционного переключателя, должен быть изолирован.

4.9.1.12 Свободный конец заземляющего проводника должен быть изолирован, например, он должен иметь загнутый в противоположную сторону конец, примотанный изолентой к проводнику, если только данный проводник не расположен так, что контакт с токоведущими частями невозможен в тех случаях, когда данный проводник не используется.

4.9.1.13 Оборудование робота, которое предназначено для использования с соединительными элементами, предназначенными только для одного типа электропроводки, должно поставляться вместе с данными соединительными элементами.

4.9.1.14 Отверстие в проводящем корпусе, предназначенное для ввода проводника или проводников изолированной вторичной цепи ограниченной мощности, должно быть оборудовано изолирующей втулкой. Втулка может устанавливаться в отверстие при монтаже оборудования, или корпус может поставляться предприятием-изготовителем с уже установленной изолирующей втулкой.

Примечание — Применение изолирующей втулки не является обязательным в случае, если проводники имеют защиту от истирания.

4.9.1.15 Отверстие в корпусе, соответствующее 4.9.1.14, может использоваться для ввода бронированного кабеля или кабелепровода.

4.9.1.16 Втулка из резины или резиноподобного материала, поставляемая в соответствии с требованиями, установленными в 4.9.1.14, должна иметь толщину не менее 3 мм, за исключением случая, когда она может иметь толщину не менее 1,5 мм, если металл вокруг отверстия обработан так, чтобы

его края были гладкими. Втулка должна быть расположена так, чтобы она не подвергалась воздействию масла, жира, масляных паров или других веществ, оказывающих вредное воздействие на материал втулки. Отверстие, в которое устанавливается втулка, должно быть без острых кромок, заусенцев, выступов и т. п., которые могут повредить втулку.

4.9.2 Требования к оконечным элементам

4.9.2.1 Оконечные элементы, предназначенные для подключения питания, должны соответствовать требованиям, установленным в 4.9.2.2—4.9.2.9, для того, чтобы обеспечить хорошее соединение даже при тяжелых условиях эксплуатации.

4.9.2.2 Если к оконечному элементу подходит проводник большего размера, то допускается, чтобы он был на один размер больше, чем это установлено в 4.9.1.3, если только оборудование не имеет маркировку в соответствии с 9.2.13.

4.9.2.3 В качестве оконечных элементов должны использоваться соединители с ламелями для пайки или с обжимными контактами.

Примечание — В узлах, к которым должны подсоединяться провода с сечением не более 5 мм^2, могут использоваться прижимные соединители или зажимные винты с контактными площадками, имеющими загнутые вверх края, или их эквивалент для удержания проводов в правильном положении.

4.9.2.4 Возможность использования быстросочленяемых соединителей в качестве оконечных элементов должна быть исследована в отношении достаточности сил, удерживающих проводник в соединителе и устойчивости к воздействию повышенной температуры.

4.9.2.5 Зажимные винты, используемые в качестве оконечного элемента, должны иметь диаметр не менее 4,0 мм.

Примечание — Винт диаметром 3,5 мм может использоваться для подключения провода с сечением 2,0 мм^2.

4.9.2.6 Металлическая клеммная панель с резьбой для зажимного винта должна иметь толщину не менее 0,75 мм для проводов с сечением 2,0 мм^2 и меньше и не менее 1,25 мм для проводов с сечением более 2,0 мм^2. Резьба в металле должна иметь не менее двух полных витков.

Примечание — Низковольтный трансформатор может иметь клеммные панели толщиной 0,75 мм для подключения первичных или вторичных цепей.

4.9.2.7 Клеммная панель, изготовленная из материала необходимой толщины, установленной в 4.9.2.6, может иметь впрессованную металлическую вставку с резьбовым отверстием для зажимного винта, обеспечивающим два полных витка.

Примечание — Два полных витка резьбы не требуются, если при меньшем числе витков обеспечивается соединение, которое не нарушается при воздействии момента затяжки 2,3 Н·м.

4.9.2.8 Зажимной винт должен вкручиваться в резьбу, нарезанную в металле.

4.9.2.9 Для разделения электрических цепей оборудования робота, которому требуется подключение к нескольким электросетям с напряжением 250 В или меньше и в котором используются ламповые патроны, однополюсные выключатели или устройства защиты от перегрузки по току, за исключением устройств, применяемых в цепях автоматического управления, должен быть выделен один оконечный элемент или вывод для подключения заземляющего проводника цепи питания. Оконечный элемент или вывод, выделенный для подключения заземляющего проводника цепи питания, должен быть электрически соединен с ламповыми патронами, но не должен быть соединен с однополюсным выключателем или однополюсным устройством защиты от перегрузки по току.

4.10 Требования к портативному оборудованию робота

4.10.1 Портативное оборудование, для которого требуется внешнее электропитание, должно иметь кабель питания с заземляющим проводником и штепсельной вилкой для подключения к сети электропитания. Характеристики вилки и допустимая токовая нагрузка кабеля должны соответствовать значениям, установленным в 4.9.1.3. Заземляющий проводник должен быть подсоединен к контакту заземления вилки и к каркасу или корпусу оборудования. Поверхность изоляции заземляющего проводника должна быть выкрашена в зеленый цвет с одной или несколькими желтыми полосами или без полос.

4.10.2 Все внешние подключения оборудования следует осуществлять с помощью кабеля со штепсельной вилкой.

4.11 Требования к стационарному оборудованию робота

4.11.1 При определении целесообразности применения кабеля со штепсельной вилкой для подключения стационарного оборудования робота к сети электропитания необходимо учитывать следующие факторы, характеризующие подключение оборудования с помощью кабеля с вилкой:

- облегчаются частые чередования подключения и отключения оборудования,
- достигается уменьшение передачи шума или вибрации;
- обеспечивается возможность демонтажа оборудования для технического обслуживания и ремонта;
- все внешние подключения оборудования также осуществляются с помощью кабелей со штепсельными вилками.

4.11.2 Кабель должен иметь заземляющий проводник с изоляцией, предназначенной для тяжелых условий эксплуатации, подсоединяться непосредственно к оборудованию и заканчиваться штепсельной вилкой с заземляющим контактом. Характеристики вилки и допустимая токовая нагрузка кабеля должны соответствовать значениям, установленным в 4.9.1.3.

4.11.3 В стационарном оборудовании робота можно использовать электрические силовые соединения с фиксированной разводкой.

4.12 Требования к устройству разгрузки от натяжения

4.12.1 В конструкции кабеля питания должно быть предусмотрено устройство разгрузки от натяжения для того, чтобы механическое напряжение, воздействующее на кабель питания, не передавалось на оконечные устройства, места соединения или внутреннюю электропроводку.

4.12.2 Устройство разгрузки от натяжения должно быть подвергнуто испытанию, установленному в 6.26.1.

4.12.3 Поверхности, на которых может располагаться узел на гибком кабеле, служащий в качестве устройства разгрузки от натяжения, или с которыми он может контактировать, не должны иметь выступов, острых кромок, заусенцев, задиров и т. п., которые могут вызвать нарушение изоляции проводников.

4.13 Требования к проходным изоляторам

4.13.1 Места, в которых гибкий кабель проходит или должен проходить через отверстие в стенке, ограждении или крышке корпуса, должны быть оборудованы прочными проходными изоляторами, которые надежно фиксируются в отверстиях и имеют гладкую закругленную поверхность, с которой может контактировать кабель.

4.13.2 Отверстие для кабеля с гладкой закругленной поверхностью в дереве, фарфоре, фенолоформальдегидной пластмассе или в другом подходящем непроводящем материале можно рассматривать в качестве эквивалента проходного изолятора.

4.13.3 Проходной изолятор, подверженный воздействию влаги, воды, жидкости, масла, жира, масляного пара или других агрессивных веществ, должен соответствовать предполагаемым условиям эксплуатации.

4.14 Требования к токоведущим частям

4.14.1 Токоведущие части должны обладать необходимой механической прочностью и допустимой токовой нагрузкой для предполагаемых условий эксплуатации и должны быть изготовлены из металла или другого материала, подходящего для данных условий.

4.14.2 Неизолированные токоведущие части, в том числе оконечные элементы, должны быть закреплены на опорной поверхности с помощью способа, который не допускает их поворота или смещения относительно установленного положения, если подобное перемещение может привести к уменьшению расстояния между токоведущими частями ниже уровня, установленного настоящим стандартом. Используемый способ крепления не должен основываться только на трении между соприкасающимися поверхностями. Прочность соединения токоведущих частей должна обеспечивать непрерывный контакт между ними.

Примечание — Прижимные оконечные соединители не требуют применения средств защиты от поворота на 30° по направлению друг к другу, к другим неизолированным токоведущим частям или к заземленным металлическим частям, в результате которого не нарушаются требования по обеспечению необходимых минимальных расстояний между токоведущими частями.

4.15 Требования к проводникам

4.15.1 Общие положения

4.15.1.1 Силовые и управляющие цепи

В качестве проводников могут использоваться следующие провода и кабели:

- одножильные провода, используемые в машиностроении.

Примечание — Конкретный тип провода выбирают в зависимости от предполагаемых условий эксплуатации робота;

- многожильные гибкие кабели с оболочкой, обеспечивающей необходимую защиту кабеля в предполагаемых условиях эксплуатации;
- многожильные кабели управления, состоящие из отдельных проводов и оболочки, подходящей для условий эксплуатации;
- кабели с минеральной изоляцией и металлической оболочкой.

Проводники должны иметь сечение не меньше, чем:

- 2,0 мм^2 — в силовых цепях;
- 1,3 мм^2 — в цепях освещения и управления на оборудовании робота и в кабельных каналах.

Примечание — Применение проводников с сечением 0,75 мм^2 допускается при групповой прокладке многожильных кабелей с оболочкой;

- 0,75 мм^2 — в цепях управления на пультах и панелях управления;
- сечение проводников в цепях электронной, точной и статической регулировки определено в 4.15.1.2.

Постоянный ток, протекающий по проводникам, не должен превышать значений, указанных в таблице 5.

Примечание — Значения допустимой токовой нагрузки, приведенные в таблице 5, могут быть превышены, если при температурных испытаниях доказано, что допустимая температура изоляции не была превышена.

Таблица 5 — Допустимая токовая нагрузка проводников

Сечение проводника, мм^2	Допустимая токовая нагрузка, А	
	Кабель или кабельный канал	Пульт управления
0,05	—	0,5
0,08	—	0,8
0,12	—	1
0,20	2	2
0,35	3	3
0,50	5	5
0,75	6	7
1,50	10	10
2,00	15	20
3,00	20	25
5,00	30	40
8,00	40	60
10,00	55	80
16,00	70	105
25,00	85	110
35,00	95	140
50,00	125	195
70,00	145	225
95,00	165	260
120,00	215	340
150,00	240	375
185,00	260	420
240,00	320	515

Окончание таблицы 5

Сечение проводника, мм^2	Допустимая токовая нагрузка, А	
	Кабель или кабельный канал	Пульт управления
300,00	355	575
400,00	410	680
500,00	455	780

Проводники в цепях двигателя должны иметь допустимую токовую нагрузку не менее 125 % от максимального тока при полной нагрузке с одновременно работающими всеми двигателями.

4.15.1.2 Цепи электронной, точной и статической регулировки

Проводники, используемые в цепях электронной, точной и статической регулировки или аналогичных им, должны соответствовать следующим требованиям:

- изоляция проводника должна соответствовать назначению и напряжению данного проводника. Если проводники сгруппированы или пролегают рядом с другими проводниками, то все проводники должны быть изолированы с учетом максимально возможного напряжения;
- проводники должны быть изготовлены из отожженной многожильной скрученной медной проволоки.

Примечание — Одножильный провод с сечением 0,05—0,20 мм^2 может применяться в блоке управления, если он не подлежит изгибу;

- платы с печатным монтажом, относящиеся к классу применения не ниже 2, могут применяться вместо обычных проводов.

Сечение проводников должно соответствовать следующим требованиям:

- проводники в кабельных каналах должны иметь сечение не менее 0,75 мм^2.

Примечание — Проводники с сечением 0,05 мм^2 и менее могут применяться в многожильных кабелях с оболочкой;

- проводники внутри блоков управления должны иметь сечение не менее 0,12 мм^2.

Примечание — Проводники с сечением не менее 0,05 мм^2 могут применяться для коротких перемычек и в специальных электропроводках. Например, в непаянных соединениях накруткой, соединениях зажимного типа или в экранированных проводах.

Постоянный ток, проходящий по проводникам, не должен превышать значений, указанных в таблице 5.

Примечание — Значения допустимой токовой нагрузки, приведенные в таблице 5, могут быть превышены, если при температурных испытаниях показано, что примененная изоляция допустима.

4.15.1.3 Воздействия от вибрации, удара и облучения должны быть учтены при оценке рисков возгорания, поражения электрическим током и травмирования людей при нормальных и экстремальных условиях для проводов с сечением менее 0,20 мм^2.

4.15.1.4 Электропроводка, проложенная между движущимися частями робота, которая может перемещаться в процессе эксплуатации, должна быть многожильной, а ее размещение должно исключать скручивание или натяжение оконечных элементов в результате такого перемещения. Проводка должна быть проложена или защищена так, чтобы уменьшить вероятность повреждения изоляции. Должны использоваться проводники в оболочке с устройствами разгрузки от натяжения, препятствующими передаче механических напряжений на оконечные элементы или соединения проводников.

Примечание — Для электропроводки в цепях класса защиты II, в которых повреждения провода не приводят к риску травмирования людей, возникновению неконтролируемых движений, падению полезной нагрузки и т. п., не требуется обязательного наличия оболочки у проводников.

4.15.1.5 Электропроводка, которая может перемещаться, и на которой установлена какая-либо дополнительная изоляция, может быть подвергнута испытанию на изгиб, чтобы определить ее пригодность для данного применения (см. 6.27).

4.15.1.6 Провода с пропитанной или непропитанной изоляцией из хлопка или асбеста не следует применять.

4.15.1.7 Металлические зажимы и направляющие, используемые для прокладки стационарной внутренней проводки, должны быть гладкими или иметь закругленные края.

4.15.1.8 Дополнительная механическая неэлектропроводная защита должна быть предусмотрена в следующих случаях:

- для зажима, который оказывает давление на проводник, имеющий термопластичную изоляцию толщиной менее 0,75 мм, без общей оплетки;
- для любого провода или проводов, которые могут перемещаться (см. 4.15.1.4).

4.15.1.9 Кабелепровод не должен иметь крутых поворотов и подвергаться растяжениям, сжатиям или неоднократному изгибанию. Кабелепровод не должен касаться острых кромок, выступов или углов. Кабелепровод может использоваться в сухих или влажных местах, но не должен использоваться в сырых местах.

4.15.1.10 Проводники с резиновой изоляцией не должны подвергаться воздействию масла, жира, масляных паров или других веществ, пагубно влияющих на резину, если только изоляция не была исследована и признана пригодной для данного применения.

4.15.1.11 Кабельный канал должен быть гладким, без острых кромок, заусенцев, ребер, подвижных частей и т. п., которые могут повредить изоляцию проводников.

4.15.1.12 Крепежные винты и гайки должны быть сконструированы или расположены так, чтобы их острые края не повредили электропроводку. Винт должен иметь плоский или тупой конец. Конец винта не должен иметь заусенцев, задиров или острых кромок, которые могут поцарапать изоляцию провода, и не должен выступать более чем на 5,0 мм в кабельный канал.

4.15.1.13 Отверстия в листовом металле, через которые проходят изолированные провода и на которые они могут опираться, должны иметь плавно закругленные вкладыши или гладкие, закругленные поверхности, чтобы избежать повреждения изоляции.

4.15.1.14 Соединение проводников, подлежащее пайке, должно быть закреплено механически до начала пайки. Данное требование не распространяется на следующие виды паяных соединений:

- соединения, формируемые с помощью мягкого или твердого припоя, температура размягчения или плавления которого превышает 454 °С;
- соединения, когда припаиваемый вручную вывод пропускают через отверстие в печатной плате и сгибают под углом 90° к плате, чтобы обеспечить контакт с проводником перед пайкой. Если пайка на печатной плате выполняется автоматически с контролируемым временем пайки и температурой припоя, то сгибать выводы не требуется;
- соединения, когда подводящий провод закрепляется скобой или каким-либо другим способом вблизи паяного соединения для того, чтобы удерживать его на месте.

4.15.2 Требования к соединительным проводам и кабелям

4.15.2.1 Кабельные сборки и гибкие провода, используемые для внешней связи между секциями блока или между блоками системы, должны соответствовать требованиям, установленным в 4.15.2.2—4.15.2.4, и должны быть обеспечены подходящими устройствами разгрузки от натяжения и проходными изоляторами, определенными в 4.12 и 4.13.

Примечание — Кабельные сборки, используемые в незащищенных цепях класса защиты II, могут не соответствовать данному требованию.

4.15.2.2 Вставление вилки соединителя в несоответствующую ему розетку разъема, неправильное расположение вилки и розетки разъема и другие манипуляции с частями разъема, которые может осуществлять оператор, не должны приводить к возгоранию, поражению электрическим током или травмированию людей.

4.15.2.3 Если один из концов или оба конца внешнего соединительного кабеля заканчиваются разъемом с одним или несколькими оголенными контактами, то не должна существовать опасность поражения электрическим током между землей и любым из контактов на разъеме или его ответной части, когда разъем не соединен со своей ответной частью.

4.15.2.4 Для выполнения требования 4.15.2.3 в цепи кабеля может быть предусмотрена блокировка, которая обесточивает оголенные контакты всякий раз, когда разъем разъединен. Если подобная блокировка не предусмотрена, то соответствие данному требованию определяется с помощью процедуры проверки, установленной в 6.11.

4.15.2.5 Электрические разъемы, которые могут вызвать опасность, если они разъединены или поломаны, должны быть спроектированы и изготовлены для защиты от такого непреднамеренного разъединения. Разъемы, которые должны быть состыкованы при установке робота и могут стать

причиной опасности при неправильном соединении, должны быть снабжены средствами для предотвращения неправильного соединения (см. 6.11.1).

4.15.3 Требования к соединению между блоками

4.15.3.1 Если не используются стандартные кабельные сборки, то каждый блок в системе должен быть снабжен определенными в 4.9.2 оконечными элементами для подключения внешней проводки для обеспечения межблочных соединений с помощью стационарно установленной электропроводки.

4.15.3.2 Если связь между блоками системы предполагает использование электрических цепей класса защиты II, то данные цепи могут иметь оконечные элементы, отличающиеся от определенных в 4.9.2, например оконечные элементы, обеспечивающие соединение накруткой или обжимом, в следующих случаях:

- электрические цепи класса защиты II постоянно изолированы от всех других электрических цепей;
- определены сопрягаемые детали и ограничения, касающиеся способа их соединения.

4.16 Требования к заземлению

4.16.1 Общие положения

4.16.1.1 Должна быть предусмотрена возможность заземления оборудования робота и всех неподвижных металлических частей, с которыми могут соприкасаться люди при нормальной эксплуатации или регулировке робота и которые могут оказаться под напряжением из-за неисправности электропроводки.

4.16.1.2 Для выявления опасности того, что данная металлическая часть может оказаться под напряжением, должны быть оценены такие факторы, как особенности конструкции робота, близость к электропроводке, результаты испытаний на электрическую прочность изоляции, усталостную прочность и перегрузку по току.

4.16.2 Требования к средствам заземления

4.16.2.1 Заземляющий вывод должен быть подсоединен к каркасу или корпусу робота с помощью надежных средств, например, с помощью болтового или винтового соединения.

4.16.2.2 Непроводящие покрытия, такие как краска, лак и эмаль, должны быть удалены с заземляющей поверхности для того, чтобы обеспечить электрический контакт, либо заземляющее соединение должно надежно проникать сквозь непроводящее покрытие.

4.16.2.3 Место заземления должно быть расположено так, чтобы средства заземления не могли быть удалены при обычном техническом обслуживании.

4.16.3 Требования к оконечным элементам и выводам

4.16.3.1 Винт, предназначенный для закрепления заземляющего проводника, должен иметь шестиугольную головку или круглую головку со шлицем под отвертку, выкрашенную в зеленый цвет.

Примечание — Шестиугольная головка также может иметь шлиц под отвертку.

4.16.3.2 Винт или прижимной соединитель, предназначенный для подключения заземляющего проводника, должен быть расположен так, чтобы он не мог быть удален при обычном техническом обслуживании.

4.16.3.3 Оконечный элемент для подключения заземляющего проводника должен обеспечивать закрепление проводника необходимого размера и соответствовать требованиям, установленным в 4.9.2.

4.16.3.4 Оконечный элемент для подключения заземляющего проводника с сечением не более 5,0 мм^2 может представлять собой резьбовую шпильку, приваренную к корпусу, или эквивалентную конструкцию. Данный оконечный элемент должен быть изготовлен из подходящего материала, например шпилька из стали должна иметь гальваническое покрытие, а также должен соответствовать требованиям, установленным в 4.16.3.1—4.16.3.3 и 4.9.2.

4.16.3.5 Монтажные лепестки для пайки, вставные (безвинтовые) разъемы, быстроразъемные или подобные им соединители со скользящей посадкой не должны использоваться в качестве оконечного элемента для подключения заземляющего проводника.

4.16.3.6 Вывод, предназначенный для подключения к заземляющему проводнику, должен иметь сечение, определенное в 4.17.2.8, и свободную длину не менее 150 мм.

4.16.3.7 Поверхность изолированного вывода, предназначенного исключительно для подключения к заземляющему проводнику, должна быть зеленого цвета с одной или несколькими желтыми полосками или без полос. Другие провода в данном отсеке не должны иметь такую же окраску.

4.16.3.8 Требование цветовой идентификации, установленное в 4.16.3.7, не распространяется на низковольтные цепи, не связанные с обеспечением безопасности, при следующих условиях:

- выводы или провода, идущие к низковольтным оконечным элементам, расположены вдали от места расположения коммутации линейного напряжения, а разъемы и токоведущие части разделены в соответствии с требованиями, установленными в 4.26.5 и 4.26.6;
- выводы или низковольтные оконечные элементы имеют особую маркировку, указывающую на их назначение так, что обращение к схеме электрических соединений за пояснениями не требуется.

4.16.3.9 Поверхность изолированного заземляющего проводника из гибкого провода должна иметь зеленый цвет с одной или несколькими желтыми полосами или без полос. Другие выводы не должны иметь такую же окраску.

4.16.3.10 Заземляющий проводник кабеля питания должен быть подключен к земляному контакту штепсельной вилки и соединен с каркасом или корпусом с помощью средств, которые не могут быть удалены при обычном техническом обслуживании, не связанном с кабелем питания. Заземляющий проводник должен быть размещен так, чтобы внешнее усилие, прикладываемое к кабелю питания при отключении от сети, не передавалось на места подключения заземления на каркасе или корпусе робота.

4.16.3.11 Электрические схемы должны быть разработаны так, чтобы через заземляющее соединение или проводник, корпус, каркас, монтажные панели и землю не протекали токи, за исключением случаев повреждения электрических цепей.

Примечание — В низковольтных или изолированных маломощных вторичных цепях может использоваться единая точка заземления. При этом через корпус, каркас или монтажные панели, включая болтовые соединения, могут протекать токи низковольтных цепей. Но в любом случае такой ток не должен протекать через средства заземления оборудования, металлические кабельные каналы или другие средства заземления силового питания.

4.17 Требования к соединениям между внутренними частями

4.17.1 Общие положения

4.17.1.1 Открытые нетоковедущие металлические части заземленного оборудования робота, которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения электрических цепей, должны быть надежно соединены с точкой подключения средств заземления оборудования.

Примечание — Данное требование не распространяется на:

а) металлические детали, такие как приклеенная табличка из металлической фольги, винт или рукоятка, которые:

- расположены на внешней стороне корпуса или шкафа и изолированы от электрических компонентов и электропроводки с помощью заземленных металлических деталей, которые не могут оказаться под напряжением;
- разделены с электрическими цепями и расположены на расстоянии от неизолированных токоведущих частей;

б) небольшие внутренние винты, другой мелкий крепеж, например, заклепки, магниты или якоря реле электромагнитных пускателей;

в) металлические панели или оболочки, которые:

- изолированы от электрических компонентов и цепей с помощью изолирующего барьера из вулканизированного волокна, лакоткани, фенолоформальдегидных композитов или других влагостойких материалов толщиной не менее 0,7 мм и надежно закрепленных;
- не накрывают неизолированные токоведущие части, а электропроводка надежно разделена с панелью или оболочкой так, что они не могут оказаться под напряжением;
- изолированы от токоведущих частей и электропроводки с помощью заземленных или связанных с заземлением промежуточных металлических вставок так, что в случае повреждения электрических цепей под напряжением окажутся эти промежуточные металлические вставки, а не изолированные металлические панели или оболочки.

4.17.1.2 Ограждение, перегородка или оболочка, которые могут быть сняты без инструмента, должны быть сняты при определении того, может ли данная металлическая часть быть доступна для пользователя. Металлическая часть, до которой можно дотронуться с помощью стержня длиной 100,0 мм и диаметром 9,5 мм, имеющего полусферический конец, вставленного через отверстие в стационарном ограждении или перегородке, считается доступной для персонала и должна быть заземлена.

4.17.1.3 Неизолированные металлические части, такие как шкафы, корпуса и кожухи электрического оборудования, станины двигателей и монтажные кронштейны, монтажные основания контроллеров, консоли, конденсаторы, другие электронные компоненты, соединительные кабелепроводы и трубопроводы, клапаны и пневматические аксессуары, должны быть электрически соединены, если они могут иметь контакт с пользователем или обслуживающим персоналом. Данное требование не распространяется на металлические части, указанные в 4.17.1.5 и примечании к 4.17.1.1.

4.17.1.4 К технологическим операциям и регулировкам, при которых пользователь может касаться металлических частей, включая установку и эксплуатацию робота, относятся сезонные регулировки, замена ламп, замена предохранителей, перенастройка устройств защиты от перегрузки, смазка двигателей и т. д. Выполнение данных действий, а также действий, указанных в 5.9, предрасполагает к возникновению контакта между обслуживающим персоналом и металлическими частями робота.

4.17.1.5 Металлические части, расположенные на задней стороне монтажной панели, и части, расположенные так, что для доступа к ним требуется выполнение значительных работ по демонтажу с использованием инструментов, считаются недоступными для пользователя. Данные металлические части считаются недоступными для обслуживающего персонала, если только выполнение работ по техническому обслуживанию не требует подачи питания после демонтажа.

4.17.1.6 Неизолированные токоведущие части и электропроводка должны быть отделены от соприкосновения с подвижными элементами, такими как реле и якоря электромагнитных пускателей, с помощью фиксации, маршрутизации или эквивалентных средств, обеспечивающих постоянное разделение.

4.17.1.7 Если предполагается, что какой-либо узел должен быть отсоединен от своих средств заземления после установки робота для выполнения операций тестирования или регулировки при включенном питании, то он должен быть снабжен таким оконечным элементом или проволочным выводом, который не требует его снятия с данного узла для такого обслуживания.

4.17.2 Требования к конструкции и соединениям

4.17.2.1 Металлические части робота должны быть соединены между собой непосредственно, обеспечивая хороший контакт, или с помощью проводников-перемычек в соответствии с требованиями, установленными в 4.17.2.2—4.17.2.9.

4.17.2.2 Отдельный проводник-перемычка должен быть изготовлен из меди, медного сплава или другого материала, подходящего для использования в качестве электрического проводника.

4.17.2.3 Детали заземления, изготовленные из сплавов на основе железа, должны быть защищены от коррозии посредством эмалирования, гальванизации, хромирования или других равноценных средств.

4.17.2.4 Отдельный проводник-перемычка в виде провода или ленты должен быть:

- защищен от механических повреждений или располагаться внутри внешней оболочки или каркаса;
- надежно закреплен без использования съемного крепежа, используемого для других целей, кроме закрепления проводника-перемычки. Данный съемный крепеж может быть использован только в том случае, если невозможно не установить перемычку после снятия и замены крепежа.

4.17.2.5 Концы проводника-перемычки должны иметь хороший контакт с соединяемыми металлическими частями.

4.17.2.6 Проводник-перемычка должен быть изготовлен из единого куска провода. В нем не допускается сращивание отдельных частей.

4.17.2.7 Для внутреннего соединения металлических частей с корпусом робота с целью их заземления можно использовать быстросочленяемые оконечные элементы, удовлетворяющие следующим требованиям:

- данное соединение, как правило, не будет расстыковываться;
- оконечный элемент имеет размеры, указанные в таблице 6;
- в цепи использовано устройство токовой защиты выходной цепи с параметрами, указанными в таблице 6.

Таблица 6 — Параметры быстросочленяемых оконечных элементов для заземления внутренних металлических частей робота

Номинальные размеры оконечного элемента, мм			Параметры устройства защиты выходной цепи, А
Ширина	Толщина	Длина	
4,5	0,5	6,5	≤ 20
4,5	0,8	6,5	≤ 20

Окончание таблицы 6

Номинальные размеры оконечного элемента, мм			Параметры устройства защиты выходной цепи, А
Ширина	Толщина	Длина	
5,0	0,8	6,5	≤ 20
6,5	0,8	8,0	≤ 60

4.17.2.8 Размеры проводника-перемычки не должны быть меньше указанных в таблице 7.

Таблица 7 — Размеры проводника-перемычки

Параметры автоматического защитного устройства, установленного в цепи перед оборудованием, кабелепроводом и т. д., не более, А	Размер проводника-перемычки[1)]			
	Медный провод, мм[2)]	Алюминиевый провод, мм[2)]	Жесткий кабелепровод или труба, мм	Металлический трубопровод для электропроводки, мм
20[2)]	3,0	5,0	13,0	13,0
30	5,0	8,0	13,0	13,0
40	5,0	8,0	13,0	13,0
60	8,0	10,0	13,0	13,0
100	10,0	16,0	13,0	13,0
200	16,0	25,0	13,0	26,0
400	25,0	35,0	19,0	32,0
600	35,0	70,0	19,0	32,0
800	50,0	95,0	26,0	51,0
1000	70,0	120,0	26,0	51,0
1200	95,0	150,0	26,0	51,0

1) Или эквивалентная площадь поперечного сечения.
2) Для устройств, подключаемых кабелем, заземляющий провод в кабеле может иметь тот же размер, что и токонесущие провода.

4.17.2.9 Если используются устройства токовой защиты выходных цепей с разными параметрами, то размер проводника-перемычки должен выбираться на основании параметров защитного устройства, предназначенного для защиты от короткого замыкания на землю для элемента, соединенного с помощью данного проводника. Например, если двигатель имеет индивидуальную защиту с помощью устройства защиты от перегрузки по току с меньшими значениями параметров, чем у других устройств защиты от перегрузки по току, используемых в данном роботе, то размер проводника-перемычки для данного двигателя должен выбираться на основании устройства защиты от перегрузки по току, предназначенного для защиты двигателя от короткого замыкания на землю.

4.18 Требования к электродвигателям

4.18.1 Электродвигатель должен соответствовать условиям эксплуатации робота и обеспечивать максимальную расчетную мощность без возникновения риска возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей.

4.18.2 Электродвигатель должен иметь защиту от перегрузки и от короткого замыкания в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60204-1.

Примечание — Двигатель с закрепленной на его валу крыльчаткой, предназначенный только для воздушного охлаждения, может не иметь защиты от перегрузки.

4.18.3 Защита двигателя от перегрузки должна быть реализована одним из следующих способов:
- с помощью защиты от перегрева;
- с помощью импедансной защиты;
- с помощью других видов защиты, эквивалентных защите от перегрева, например, с помощью реле защиты от перегрузки.

4.19 Требования к печатным платам

4.19.1 Печатные платы, используемые на роботе и его системе управления, должны соответствовать ГОСТ 23752, ГОСТ Р 53429 и ГОСТ Р 55490.

4.20 Требования к трансформаторам

4.20.1 Трансформаторы, питающие низковольтные цепи, должны быть разделительного типа.

4.20.2 Трансформатор должен соответствовать эксплуатационным требованиям, установленным в настоящем стандарте, включая температурные требования и требования к напряжению пробоя диэлектрика.

4.21 Требования к конденсаторам, варисторам и резистивно-емкостным модулям

4.21.1 В электронных компонентах, таких как конденсаторы, резистивно-емкостные модули, варисторы или подавители помех, должны использоваться такие конструкции и материалы, которые не будут создавать риска возгорания. На них не должна отрицательно сказываться температура, до которой они нагреваются при самых тяжелых условиях эксплуатации.

4.21.2 Как при обычных, так и при экстремальных условиях эксплуатации данные электронные компоненты, в которых используется жидкий диэлектрик, не должны вызывать риска возгорания или поражения электрическим током, а их конструкция должна снижать риск вытекания диэлектрика.

4.22 Требования к устройствам отключения питания

4.22.1 Общие положения

4.22.1.1 Устройства отключения питания должны быть предусмотрены для всех цепей входного питания робота. Данные устройства должны быть расположены вне рабочего пространства робота.

4.22.1.2 Устройство отключения питания должно иметь:

- ручное управление с помощью рубильника или выключателя цепи двигателя с плавким предохранителем или без него или
- штепсельную вилку, соответствующую требованиям, установленным в 4.22.9.1.

4.22.1.3 Устройство отключения питания должно иметь следующие технические характеристики:

- допустимая токовая нагрузка должна быть не менее 125 % от суммы токов полной нагрузки, протекающих при работе всех видов оборудования, имеющегося у робота, в нормальных условиях эксплуатации;
- максимальный прерываемый ток не должен быть меньше, чем сумма тока в самом мощном двигателе при заторможенном роторе и тока полной нагрузки при работе всего другого подключенного к роботу оборудования.

4.22.2 Требования к индикации состояния

4.22.2.1 Устройства отключения питания должны иметь четкую индикацию включенного или выключенного состояния, в котором они находятся.

4.22.3 Требования к отключению цепей питания

4.22.3.1 Каждое устройство отключения питания должно одновременно отключать все незаземленные проводники одной цепи питания. При наличии нескольких источников питания должны быть предусмотрены дополнительные индивидуальные устройства отключения для каждой цепи питания, чтобы все подаваемое на оборудование робота питание могло быть отключено.

4.22.4 Требования к соединению с цепями питания

4.22.4.1 Входящие провода от источников питания должны заканчиваться на устройстве отключения питания без непосредственного подключения к оконечным узлам или другим устройствам, расположенным до устройства отключения.

4.22.5 Требования к открытым токоведущим частям

4.22.5.1 Если устройство отключения питания находится в выключенном состоянии, то на роботе не должно быть никаких открытых токоведущих частей, находящихся под напряжением.

4.22.6 Требования к установке

4.22.6.1 Устройство отключения питания должно быть установлено на или рядом с корпусом системы управления. Если устройство отключения установлено на корпусе системы управления, то оно должно быть размещено в верхней части панели управления так, чтобы никакие другие органы управления не находились непосредственно над ним.

4.22.6.2 Если на корпусе устройства управления установлены два или более устройства отключения питания, то они должны быть сгруппированы в одном месте.

4.22.7 Требования к блокировкам

4.22.7.1 Любая дверца, которая обеспечивает доступ к токоведущим частям, находящимся под напряжением 50 В и более, должна иметь блокировку, которая не позволяет открыть данную дверцу при включенном питании.

Примечания

1 Внешние цепи, находящиеся под напряжением менее 150 В, можно не отключать, если проводники данных цепей имеют изоляцию желтого цвета, а на дверцу нанесена предупреждающая маркировка в соответствии с 9.4.5.

2 Должны быть предоставлены средства для обеспечения доступа к токоведущим частям без отключения питания для сертифицированного персонала. Блокировка должна вновь автоматически включаться после закрытия дверцы.

3 Блокировка может быть не установлена, если в качестве устройства отключения питания используется штепсельная вилка, а на дверцу нанесена предупреждающая маркировка в соответствии с 9.4.14.

4.22.7.2 Все устройства отключения питания должны быть механически и/или электрически сблокированы с дверцами корпуса системы управления.

Примечания

1 Устройства отключения питания, используемые только для цепей освещения корпуса системы управления, не должны быть сблокированы с дверцами данного корпуса. При этом должны выполняться требования, установленные в 9.4.13.

2 Обязательная блокировка с дверцами корпуса системы управления не требуется, если в качестве устройства отключения питания используется штепсельная вилка.

3 Устройства отключения цепей питания элементов памяти и их схем управления, требующих постоянного питания для поддержания сохранности информации, не должны быть сблокированы с дверцами корпуса системы управления.

4.22.8 Требования к рукоятке

4.22.8.1 Рукоятка устройства отключения питания должна иметь следующие характеристики:

- рукоятка должна быть легкодоступной;
- рукоятка должна располагаться на высоте над полом не более 2 м.

Примечание — Стационарную рабочую платформу, легкодоступную при помощи стационарной лестницы, можно рассматривать в качестве пола;

- рукоятка должна иметь возможность блокировки только в положении «выключено»;
- если дверцы корпуса системы управления закрыты, то рукоятка устройства отключения питания должна иметь четкую индикацию того, включено или выключено питание системы управления.

4.22.9 Требования к штепсельным вилкам и розеткам

4.22.9.1 Штепсельные вилки и розетки могут использоваться в качестве устройства отключения питания при соблюдении следующих условий:

- общая мощность двигателей, установленных на роботе, не превышает 1500 Вт;
- напряжение питания не превышает 230 В;
- для питания не используется постоянный ток;
- допустимая токовая нагрузка на вилку не менее 125 % от суммы токов при полной нагрузке при одновременной работе всего оборудования, установленного на роботе, при нормальных условиях эксплуатации;
- штепсельная вилка рассчитана на одно номинальное напряжение;
- штепсельная вилка имеет контакт заземления и сконструирована таким образом, что контакт заземления находится перед всеми токоведущими контактами, и при вынимании вилки из розетки он не размыкается до тех пор, пока не будут разомкнуты все токоведущие контакты; заземляющий контакт не должен использоваться в качестве токоведущего контакта;
- штепсельная вилка является легкодоступной.

4.23 Требования к токовой защите проводников цепи управления

4.23.1 Проводник цепи управления, подключенный со стороны нагрузки к устройству защиты выходной цепи, должен быть защищен от перегрузки по току в соответствии с таблицей 8 с помощью устройства защиты, расположенного в данном контроллере (см. 4.23.2 и 4.23.4).

Примечания

1 Если характеристики или уставки устройства защиты выходной цепи не превышают допустимых значений, указанных в таблице 9, и на оборудовании нанесены маркировки в соответствии с 9.1.10 и 9.1.11, то дополнительная защита не требуется.

2 Данная защита не требуется для маломощных цепей управления.

3 Проводник цепи управления, равный или больший по размеру, чем проводники главной цепи, не нуждается в защите.

Таблица 8 — Защитные устройства

Сечение провода цепи управления, мм^2	Максимально допустимый ток защитного устройства, А
0,35	3
0,50	5
0,75	7
1,5	10
2,0	20
3,0	25

Таблица 9 — Защитные устройства выходной цепи

Сечение провода цепи управления, мм^2	Максимально допустимый ток защитного устройства, А	
	Провода внутри корпуса	Провода снаружи корпуса
0,35	12	3
0,50	20	5
0,75	25	7
1,5	40	10
2,0	100	45
3,0	120	60

4.23.2 Защитное устройство, определенное в 4.23.1, может быть дополнительным устройством защиты от перегрузки по току или устройством токовой защиты выходной цепи. Предохранитель дополнительного устройства защиты должен быть установлен на предприятии-изготовителе, но может и отсутствовать, если установлено устройство токовой защиты выходной цепи. Устройство токовой защиты должно иметь маркировку в соответствии с 9.1.11.

4.23.3 Внутренние проводники цепей управления, подключенные к внешнему источнику питания, а не к общему питанию контроллера, должны быть обеспечены защитой от перегрузки по току в соответствии с таблицей 9, или контроллер должен иметь маркировку в соответствии с 9.1.12. Внутренние проводники не должны иметь сечение менее 0,5 мм^2.

4.23.4 Защита от перегрузки по току, установленная в 4.23.1 и 4.23.3, может не устанавливаться в следующих случаях:

- для короткого прямого вывода, имеющего длину не более 300 мм, например, для вывода трансформатора,
- для коротких прямых выводов от контактов коммутирующего устройства или предназначенных для связи в пределах корпуса системы управления с внешней проводкой в дополнение к выносному устройству защиты, установленному для внешней проводки (см. 4.9.1.7).

4.23.5 Трансформатор цепи управления должен быть защищен с помощью устройств защиты перегрузок по току, установленных во всех вторичных цепях. Данные устройства должны быть рассчитаны не более чем на 200 % от номинального тока во вторичной цепи трансформатора.

Примечания

1 Трансформатор, защищенный другими способами, не требует данной защиты.

2 Маломощные тансформаторы не требуют данной защиты.

4.24 Требования к расстояниям между токоведущими частями

4.24.1 Общие положения

4.24.1.1 Расстояния между токоведущими частями в первичных цепях, кроме тех, которые установлены в 4.24.1.2, должны быть не меньше значений, указанных в таблице 10.

Таблица 10 — Расстояния для цепей без сглаживания пульсаций в обычной среде

Минимальные расстояния, мм при среднеквадратическом (пиковом) значении потенциала U, В						Токоведущие части оборудования робота, между которыми устанавливаются минимальные расстояния
Оборудование с неограниченной вольтамперной характеристикой				Оборудование с ограниченной вольтамперной характеристикой (см. 4.24.1.9)		
А				Б		
$0 < U \le 50$ ($0 < U \le 70{,}7$)	$50 < U \le 150$ ($70{,}7 < U \le 212{,}1$)	$150 < U \le 300$ ($212{,}1 < U \le 424{,}3$)	$300 < U \le 600$ ($424{,}3 < U \le 848{,}5$)	$50 < U \le 300$ ($70{,}7 < U \le 424{,}3$)	$300 < U \le 600$ ($424{,}3 < U \le 848{,}5$)	
						Между любой неизолированной частью, находящейся под напряжением, и любой неизолированной заземленной частью, но не корпусом или открытой металлической частью[1),2)]:
1,6[4)]	3,2[4)]	6,4	9,6	1,6[4)]	4,8[4)]	через воздух или масло
1,6[4)]	6,4	9,6	12,7	3,2[4)]	9,6	по поверхности
						Кратчайшее расстояние между любой неизолированной частью, находящейся под напряжением, и стенками металлического корпуса, включая фитинги трубопровода или армированный кабель[3)]
6,4	12,7	12,7	12,7	6,4	12,7	

[1)] В цепях, связанных с безопасностью, расстояние между частями, находящимися под напряжением одной полярности на противоположных сторонах переключающего механизма, за исключением точки контакта, не должно быть менее 0,8 мм через воздух и 1,6 мм по поверхности.

[2)] В цепях, связанных с безопасностью, расстояние между концами проводов, независимо от их полярности, и расстояние между концом провода и заземленной металлической частью, не находящейся под напряжением, включая корпус, не должно быть менее 6,4 мм.

[3)] Металлическая пластина, прикрепленная к корпусу, считается частью корпуса, если при деформации корпуса возможно уменьшение расстояния между металлической пластиной и неизолированными частями, находящимися под напряжением.

[4)] Расстояние между окончаниями внешней проводки противоположной полярности и расстояние между окончанием внешней проводки и заземленной металлической частью, не находящейся под напряжением, не должно быть менее 6,4 мм, если закорачивание или заземление этих окончаний может произойти из-за выступающих жил кабеля.

4.24.1.2 Расстояния между токоведущими частями для оборудования робота, у которого переходные напряжения известны и контролируются ограничителями переходного напряжения в соответствии с 4.24.1.3, должны быть не меньше значений, указанных в таблице 11, за исключением расстояний для оконечных элементов внешних цепей, которые должны быть не меньше значений, указанных в таблице 10.

4.24.1.3 Ограничитель переходного напряжения должен не допускать превышение пиковым переходным напряжением значения, равного 300 % от мгновенного пикового рабочего напряжения или 300 В, в зависимости от того, какая из этих величин больше.

4.24.1.4 Расстояние относительно оконечного элемента должно измеряться при подсоединенных проводах ко всем оконечным элементам и установленных других частях, как в реальных условиях эксплуатации.

4.24.1.5 Установленное значение расстояния между токоведущими частями соответствует сумме расстояний между отдельными нетоковедущими металлическими частями, расположенными между ними.

Таблица 11 — Расстояния для цепей со сглаживанием пульсаций в обычной среде

Мощность короткого замыкания (W), кВ А[3]	Пиковое рабочее напряжение (U), В	Расстояние между неизолированной частью, находящейся под напряжением, и неизолированной частью, находящейся под напряжением противоположной полярности, неизолированной заземленной частью, кроме корпуса, или открытой металлической частью[1),2),5)]	
		Через воздух или масло, мм	По поверхности, мм
$W > 10$[4]	$0 < U \le 50$	0,8	0,8
	$50 < U \le 225$	1,9	2,5
	$225 < U \le 450$	3,8	5,1
	$450 < U \le 900$	7,6	10,2
$0,5 < W \le 10$	$0 < U \le 50$	0,8	0,8
	$50 < U \le 225$	1,5	1,5
	$225 < U \le 450$	2,5	2,5
	$450 < U \le 900$	5,1	5,1
$0,015 < W \le 0,5$[4]	$0 < U \le 36$	0,3	0,3
	$36 < U \le 72$	0,4	0,4
	$72 < U \le 100$	0,8	0,8
	$100 < U \le 225$	1,1	1,1
	$225 < U \le 450$	1,5	1,5
	$450 < U \le 900$	2,5	2,5

[1)] Расстояния между частями, находящимися под напряжением, и корпусом указаны в таблице 10.
[2)] Расстояния для оконечных элементов внешней проводки указаны в таблице 10.
[3)] Максимальная мощность короткого замыкания равна произведению напряжения разомкнутой цепи и тока короткого замыкания на клеммах питания при шунтированных защитных устройствах.
[4)] При условии известных и контролируемых переходных напряжений (см. 4.24.1.3).
[5)] Дополнительные требования к расстояниям для цепей, связанных с безопасностью, приведены в таблице 10, сноски 1 и 2.

4.24.1.6 Неизолированные токоведущие части, подключенные к разным цепям, должны быть разнесены друг от друга, как если бы они были частями с противоположной полярностью, в соответствии с требованием, установленным в 4.24.1.1. Расстояние между ними следует определять, исходя из максимального значения приложенного напряжения.

4.24.1.7 Цепи, связанные с безопасностью, например цепи блокировки, в отношении расстояний должны оцениваться как первичные цепи. Расстояния, соответствующие первичным цепям, должны также применяться к расстояниям, относящимся к компонентам цепей, связанных с безопасностью.

Примечание — Расстояния между частями одинаковой полярности, приведенные в сноске 4 таблицы 10, не применимы к устройству защиты источника питания.

4.24.1.8 Расстояния, указанные в графе Б таблицы 10, применимы к оборудованию робота или цепям с расчетной мощностью не более 720 В·А либо к цепям с током не более 15 А при напряжении 51—150 В, не более 10 А при напряжении 151—300 В или не более 5 А при напряжении 301—600 В.

4.24.1.9 Расстояния в таких устройствах, как выключатель мгновенного действия, ламповый патрон или электродвигатель, оцениваются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному устройству. Расстояния от такого устройства до другого элемента или корпуса, а также расстояния на оконечных элементах должны соответствовать требованиям, установленным в 4.24.1.1 и таблице 10.

4.24.1.10 Расстояния для плавкого предохранителя и держателя для него должны быть измерены с установленным предохранителем, имеющим максимальные стандартные размеры для данного применения, и должны быть не менее значений, указанных в графе А таблицы 10.

4.24.1.11 Изолирующие ограждения или прокладки, используемые для разделения токоведущих частей в сочетании с требуемыми расстояниями по поверхности, должны иметь толщину более 0,7 мм. Ограждения или прокладки, используемые для разделения токоведущих частей в сочетании с требуемыми расстояниями через воздух и масло, должны быть толщиной более 0,3 мм, при условии, что

применяемый изоляционный материал устойчив к влаге и обладает необходимой механической прочностью при возможном внешнем воздействии. Ограждения и прокладки должны быть надежно закреплены на месте и расположены таким образом, чтобы это не сказалось отрицательно на работе оборудования в процессе эксплуатации.

4.24.1.12 Изолирующие ограждения или прокладки, используемые в качестве единственного разъединителя между токоведущими частями и заземленными частями или между токоведущими частями противоположной полярности, должны быть изготовлены из материала, который подходит для установки неизолированных токоведущих частей, толщиной более 0,7 мм. В противном случае изолирующее ограждение должно использоваться в сочетании с воздушным зазором не менее 0,8 мм.

4.24.1.13 Изоляционные и герметизирующие материалы и покрытия, имеющие толщину меньше той, которая установлена в 4.24.3.2 и 4.24.4.1, могут использоваться в том случае, если в результате испытаний будет доказана их пригодность для данного применения и эквивалентность во всех отношениях материалам, толщина которых установлена в 4.24.1.12.

4.24.2 Низковольтные цепи аварийной защиты класса защиты II

4.24.2.1 Если короткое замыкание в низковольтных цепях аварийной защиты класса II может привести к возгоранию, поражению электрическим током или травмированию людей, то расстояния между токоведущими частями должны быть выбраны в соответствии с 4.24.2.2—4.24.2.4.

Примечание — Данное требование не относится к цепям защиты источника питания.

4.24.2.2 Расстояние между неизолированной токоведущей частью и стенкой металлической оболочки, включая фитинги для соединения трубопровода или бронированного кабеля, должно быть не менее 3,2 мм. Большее расстояние может потребоваться, если оболочка не обладает достаточной жесткостью, чтобы поддерживать требуемое расстояние из-за своего размера, формы или используемого материала.

4.24.2.3 Расстояние между оконечными элементами проводов, независимо от их полярности, и между оконечными элементами проводов и нетоковедущей металлической частью, включая оболочку, которая может быть заземлена при установке оборудования, должно быть не менее 6,4 мм.

4.24.2.4 Расстояние между неизолированными токоведущими частями, независимо от их полярности, и между неизолированной токоведущей частью и нетоковедущей металлической частью, кроме оболочки, которая может быть заземлена при установке оборудования, должно быть не менее 0,8 мм, если конструкция обеспечивает постоянное поддержание данного расстояния.

4.24.3 Цепи, не отвечающие за безопасность

4.24.3.1 Расстояния между оголенными токоведущими частями, подключенными к отдельным низковольтным цепям класса защиты II, должны быть не менее 0,8 мм по воздуху и по поверхности изоляционного материала.

4.24.3.2 Расстояния в низковольтных цепях класса защиты II, кроме цепей аварийной защиты, определяют на основании проверки напряжения пробоя диэлектрика (см. 6.39.1.2 и 6.39.1.3).

4.24.4 Изолированные маломощные вторичные цепи (не более 100 В·А)

4.24.4.1 Если короткое замыкание в цепи аварийной защиты изолированной маломощной вторичной электрической цепи может вызвать риск возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей, то расстояния между токоведущими частями должны соответствовать значениям, установленным в графах А и Б таблицы 10; в противном случае применяются значения, установленные в таблице 12.

Таблица 12 — Минимальные расстояния в цепях аварийной защиты изолированных маломощных вторичных электрических цепей

Расстояние между неизолированными токоведущими частями	Расстояние при действующем потенциале 0- ~600 В, мм
1) незащищенной изолированной нетоковедущей металлической частью:	
через воздух	3,2
по поверхности	6,4
2) заземленной нетоковедущей металлической частью, кроме оболочки:	
через воздух	1,6
по поверхности	1,6

Окончание таблицы 12

Расстояние между неизолированными токоведущими частями	Расстояние при действующем потенциале 0—600 В, мм
3) неизолированной токоведущей частью противоположной полярности: через воздух по поверхности	 1,6 1,6
4) стенкой металлической оболочки: через воздух по поверхности	 6,4 6,4

4.24.4.2 Расстояния между неизолированными токоведущими частями с противоположной полярностью и между данными частями и нетоковедущими металлическими частями, которые могут быть заземлены при обслуживании, не определены для изолированной маломощной вторичной цепи. Данные расстояния определяют на основании результатов проверки напряжения пробоя диэлектрика и нарушения работоспособности.

4.24.5 Цепи контролируемой среды

4.24.5.1 Требования, установленные в 4.24.7.1—4.24.7.4, распространяются на оборудование, которое:

- предназначено для использования в контролируемой среде и имеет маркировку в соответствии с 9.4.12 или
- снабжено оболочкой с кодом IP65 или системой фильтров, обеспечивающих такую же степень защиты от загрязнений окружающей среды.

4.24.6 Повышенная влажность и другие факторы внешней среды

4.24.6.1 Оборудование робота, предназначенного для использования во влажных местах, должно быть спроектировано и изготовлено так, чтобы не допускать попадание воды внутрь корпуса, если это может привести к риску возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей. Аналогично возможность использования робота во внешней среде с присутствием масла или других загрязняющих факторов должна оцениваться, исходя из предполагаемого применения.

4.24.7 Оконечные элементы и другие цепи

4.24.7.1 Расстояния между оконечными элементами внешней проводки противоположной полярности и расстояния между оконечным элементом внешней проводки и любой другой неизолированной металлической частью (токоведущей или нетоковедущей) не той же полярности должны быть не меньше допустимых значений, указанных в таблице 13.

Таблица 13 — Минимальные допустимые расстояния для оконечных элементов внешней проводки

Напряжение на оконечных элементах внешней проводки, В	Минимальные допустимые расстояния, мм		
	Между оконечными элементами внешней проводки через воздух или по поверхности	Между оконечными элементами внешней проводки и другими неизолированными частями (не всегда одинаковой полярности)	
		По поверхности	Через воздух
$0 \le U \le 50$ $50 < U \le 250$ $250 < U \le 600$ $U > 600$	3,2[1)] 6,4 12,8 см. таблицу 14	3,2[1)] 6,4 12,8 см. таблицу 14	3,2[1)] 3,2[1)] 9,6 см. таблицу 14
[1)] Для оконечного элемента цепи аварийной защиты см. сноску 2 таблицы 10.			

4.24.7.2 В первичных цепях, не связанных с оконечными элементами внешней проводки, расстояния между неизолированными токоведущими частями противоположной полярности и между неизолированной металлической частью (токоведущей или нетоковедущей) другой полярности должно быть не меньше значений, указанных в таблице 14 (см. также 4.24.7.3). Если неизолированная токоведущая часть не зафиксирована жестко на своем месте с помощью специальных средств, а не просто с помощью сил трения между поверхностями, или если подвижная нетокопроводящая металлическая часть находится в непосредственной близости от неизолированной токоведущей части, то конструкция

должна обеспечивать поддержание минимально допустимых расстояний, указанных в таблице 14, вне зависимости от положения подвижной части.

4.24.7.3 Расстояния, установленные для первичных цепей, применимы для всех вторичных цепей, являющихся цепями аварийной защиты, и для всех вторичных цепей, запитываемых от обмотки трансформатора с максимальной мощностью не менее 200 В·А при напряжении свыше 100 В. Расстояния, кроме указанных в 4.24.8, во всех других вторичных цепях, не являющихся цепями аварийной защиты, определяют на основании проверки напряжения пробоя диэлектрика (см. 6.40).

Таблица 14 — Расстояния для электродвигателей и первичных цепей, не связанных с оконечными элементами внешней проводки

Среднеквадратическое (пиковое) значение потенциала, В	Минимальные расстояния, мм[6)]	
	По поверхности	Через воздух
0—50 (0—70,7)	1,2	1,2
51—125 (72,1—176,8)	1,6	1,6
126—250 (178,2—353,5)	2,4	2,4
251—600 (354,9—848,4)	12,8[1),2)]	9,6[1),2)]
601—3000 (849,8—4242,0)[5)]	19,2[2),3),4)]	19,2[2),3),4)]
3001—5000 (4243,4—7070,0)[5)]	25,6[3),4)]	25,6[3),4)]
5001—10 000 (7071,4—14140,0)[5)]	38,4[3)]	38,4[3)]
	28,8[4)]	28,8[4)]
10 001—15 000 (14141,4—21210,0)[5)]	38,4[3),4)]	38,4[3), 4)]

[1)] Провод с пленочным покрытием должен рассматриваться как неизолированная токоведущая часть. Однако расстояния 12,8 мм и более по поверхности и через воздух являются допустимыми между нетоковедущими металлическими частями и проводом с пленочным покрытием, который жестко зафиксирован на своем месте на катушке.

[2)] На печатных платах и их проводниках, проложенных на нагрузочной стороне линейных фильтров (или подобных сетей и компонентов для подавления выбросов напряжения), допустимы расстояния $2{,}4^{+0{,}005}$ мм по поверхности и через воздух между неизолированными токоведущими частями и любыми другими проводящими частями (токоведущими или нетоковедущими) другой полярности.

[3)] Указаны минимальные расстояния между неизолированными высоковольтными частями:
- и изолированными высоковольтными частями другой полярности или разных потенциалов;
- заземленными металлическими частями;
- неизолированными частями первичных цепей.

[4)] Указаны минимальные расстояния между неизолированными высоковольтными частями:
- и изолированными частями первичных цепей;
- изолированными высоковольтными частями другой полярности или разных потенциалов.

[5)] Применимо к внутренним цепям.

[6)] Дополнительные требования к расстояниям в цепях аварийной защиты с напряжением до 600 В приведены в сноске 1 таблицы 10.

4.24.7.4 Изолированная внутренняя вторичная цепь рассматривается как цепь с мощностью менее 200 В·А, начиная с любой точки, расположенной:

- за полным сопротивлением, надежно ограничивающим номинальную мощность величиной не более 200 В·А при любых условиях;

- плавким предохранителем или другим устройством защиты от сверхтоков, которое не является устройством с автоматическим возвратом в исходное состояние, номинальный ток в амперах которого не превышает значения 200 В·А / 2,0 V_{max}, где V_{max} — среднеквадратическое значение напряжения разомкнутой вторичной цепи в вольтах, когда на первичную цепь подано максимальное напряжение.

Максимальная номинальная мощность измеряется с помощью переменного сопротивления, подключенного на место рассматриваемой цепи. Для трансформатора с несколькими вторичными обмотками все измерения для цепи одной вторичной обмотки должны быть выполнены при разгруженных цепях других вторичных обмоток.

4.24.8 Вторичные цепи контролируемой среды

4.24.8.1 Вторичные цепи, не являющиеся цепями аварийной защиты, должны оцениваться в соответствии с 4.24.8.2—4.24.8.8, если оборудование, в котором они используются, предназначено для установки в контролируемой среде или имеет одну из следующих конструктивных особенностей:

- герметизированный корпус;

- плотно прилегающий корпус, который был испытан для данного применения;
- систему фильтров, которая обеспечивает необходимую степень защиты от загрязнений окружающей среды.

4.24.8.2 Цепи, запитываемые от одного источника, состоящего из разделительного трансформатора или аккумулятора, могут не оцениваться относительно расстояний между токоведущими частями, которые влияют на возможность поражения электрическим током и возгорания, если пиковое напряжение разомкнутой цепи не превышает 42 В, а мощность, доступная для данной цепи, ограничена следующим образом:

- ограничением тока при любой нагрузке, включая короткое замыкание, с помощью конструкции аккумуляторной батареи или разделительного трансформатора либо с помощью структуры или величины фиксированного импеданса или надежной стабилизирующей сети значением не более 8 А, измеренным после 1 мин. работы;
- с помощью плавкого предохранителя или нерегулируемого защитного устройства с ручным возвратом в исходное состояние, которые имеют номинальные значения тока не более тех, которые установлены в таблице 15.

Таблица 15 — Номинальные значения тока для плавого предохранителя или устройства защиты цепи

Пиковое значение напряжения разомкнутой цепи, В	Номинальный ток, А
0—20,0	5
20,1—42,0	3,2

4.24.8.3 Максимальное напряжение, установленное в 4.24.8.2, должно быть измерено с помощью оборудования, источника питания или первичной обмотки трансформатора, подключенного на номинальное напряжение, при отключенных цепях нагрузки от тестируемой аккумуляторной батареи, трансформатора или источника питания. Измерение может быть произведено на выходных клеммах аккумуляторной батареи, трансформатора или источника питания. Если используется трансформатор с секционированной обмоткой для питания двухполупериодного выпрямителя, то измерение напряжения должно производиться для каждого отвода обмотки.

4.24.8.4 Если на характеристики стабилизирующей сети, используемой для ограничения напряжения или тока в соответствии с 4.24.8.2, могут неблагоприятно повлиять короткое замыкание или разрыв цепи какого-либо одного компонента в сети, то вероятность данного события должна быть оценена с помощью испытаний данного компонента.

4.24.8.5 В цепях, определенных в 4.24.8.2, вторичная обмотка трансформатора, плавкий предохранитель или защитное устройство, стабилизирующая сеть и вся проводка до того места, в котором ток и напряжение ограничены, должны быть оценены на соответствие требованиям настоящего стандарта, за исключением требований к расстояниям между токоведущими частями.

4.24.8.6 Вторичные цепи, определенные в 4.24.8.2, могут быть соединены с оболочкой блока, в котором они расположены.

4.24.8.7 Если оболочка использована в качестве токоведущей части вторичной цепи, то шарниры или другие подвижные части робота не должны использоваться в качестве токоведущих элементов.

4.24.8.8 Цепь, запитываемая от трансформатора класса защиты II, рассчитанного на синусоидальное действующее напряжение не более 30 В, не требует оценки с точки зрения безопасности.

4.25 Требования к пространству для внешней электропроводки

4.25.1 За исключением случаев, указанных в 4.25.2 и 4.25.3, пространство для внешней электропроводки внутри корпуса должно обеспечить достаточный объем для размещения проводов и кабелей в соответствии с таблицей 16.

Таблица 16 — Пространство для внешней электропроводки

Сечение проводника, мм^2	Минимальный объем для размещения проводника, см^3
≤ 2,0	33,0
3,0	37,0
5,0	41,0

Окончание таблицы 16

Сечение проводника, мм^2	Минимальный объем для размещения проводника, см^3
8,0	49,0
10,0	66,0

4.25.2 В качестве альтернативы объема, указанного в таблице 16, может быть сделана пробная разводка для того, чтобы определить достаточность пространства, предусмотренного для размещения проводов и кабелей, необходимых для правильного подключения оборудования робота. Однако при этом пространство, необходимое для мест изгиба проводов, должно быть обеспеченно в соответствии с 4.25.4 и 4.25.5.

4.25.3 Для того чтобы определить соответствие оборудования робота требованиям, установленным в 4.25.2, электропроводка должна быть подключена так, как это требуется для эксплуатации робота. При этом для каждого проводника должно быть обеспечено необходимое провисание. При размещении проводки с провисанием в отсеке не должно прикладываться чрезмерных усилий. Проводка не должна касаться острых выступов или краев, которые могут повредить изоляцию.

4.25.4 Пространство, необходимое для изгиба проводников внутри корпуса контроллера, должно быть выбрано в соответствии с таблицей 17. Пространство, необходимое для изгиба проводника, должно быть измерено по прямой линии от конца монтажного лепестка, разъема или другого оконечного элемента до стенки или ограждения в направлении выхода проводника из данного оконечного элемента.

Таблица 17 — Минимальное расстояние для изгиба проводников на оконечных элементах контроллеров, размещенных внутри корпуса

Сечение провода, мм^2	Пространство, необходимое для изгиба проводника (проводников) на каждом оконечном элементе, мм	
	Один проводник	Два проводника
2—6	Не задано	—
8—16	40	—
25	50	—
35	65	—
50	130	130
70	150	150
95	180	180
120	200	200
150	255	255
185—240	305	305
300	355	405
400—500	460	485

4.25.5 Любой дополнительный оконечный элемент, поставляемый с контроллером, должен соответствовать типу, предусмотренному предприятием-изготовителем для использования на данном роботе, и не должен уменьшать объем пространства, необходимого для изгиба проводников, ниже минимального значения, установленного в таблице 17.

4.26 Требования к разделению цепей

4.26.1 Изолированные проводники должны быть разделены или отделены с помощью ограждений от следующих объектов:

- изолированных проводников, используемых в других внутренних цепях.

Примечание — Если изоляция проводников рассчитана на максимально возможное напряжение, то к ним не предъявляется данное требование;

- неизолированных токоведущих частей, подключенных к другим цепям.

4.26.2 Разделение проводников может быть выполнено с помощью их фиксации, маршрутизации или подобных средств при условии, что обеспечено их постоянное разделение с изолированными или неизолированными токоведущими частями другой цепи.

4.26.3 Проводники внешней проводки любой цепи должны быть разделены или отделены с помощью ограждений от следующих объектов:

- внешних проводников, проложенных при установке робота или установленных на предприятии-изготовителе, подключенных к любой другой цепи, если только изоляция проводников обеих цепей не рассчитана на максимальное напряжение;
- неизолированных токоведущих частей, относящихся к любым другим цепям оборудования робота, а также от любых неизолированных токоведущих частей, короткое замыкание которых может привести к риску возгорания или поражения электрическим током.

4.26.4 Если при использовании робота по назначению в некоторых случаях требуется специальное ограждение, а в некоторых — нет, то может быть использовано съемное ограждение или ограждение с отверстиями для прокладки проводников. Инструкция по использованию такого ограждения должна поставляться вместе с роботом. Полное руководство, включающее схему соединений, в случае необходимости также должно быть доступно на рабочем месте.

4.26.5 Проводники внешней проводки, прокладываемой при установке робота, могут быть отделены друг от друга и от неизолированных токоведущих частей робота, соединенных с другими цепями, с помощью расположения отверстий в оболочке для разных проводников, соответствующих оконечным элементам или другим неизолированным токоведущим частям, обеспечивающих невозможность переплетения проводников или частей, относящихся к разным цепям.

4.26.6 Если число отверстий в оболочке не превышает минимально необходимого для подключения робота и если каждое отверстие находится напротив оконечных элементов, то считается, что вводимый через данное отверстие проводник будет подключен к оконечному элементу, расположенному напротив отверстия. Если число отверстий в оболочке больше минимально необходимого, то существует возможность ввода проводника в отверстие, которое не расположено напротив оконечного элемента, к которому он должен быть подключен. При этом необходимо изучить вероятность контакта данного проводника с изолированными проводниками или неизолированными токоведущими частями, относящимися к другой цепи.

4.26.7 Чтобы определить соответствие оборудования робота требованиям, установленным в 4.26.3, проводка должна быть выполнена в соответствии с эксплуатацией робота в нормальных условиях с обеспечением провисания каждого проводника внутри оболочки, соответствующего средним значениям провисания проводников в отсеке корпуса.

4.27 Требования к использованию лазеров и рентгеновской аппаратуры

4.27.1 Если в состав робота входит оборудование, использующее лазерное или рентгеновское излучение, то робот должен быть снабжен документами, свидетельствующими о его соответствии санитарным нормам. Кроме того, может потребоваться проведение дополнительных проверок в соответствии с 6.40 и 6.41.

5 Требования по обеспечению безопасности персонала

5.1 Общие положения

5.1.1 Требования, установленные в 5.2—5.8, предъявляются к роботам, эксплуатация которых в нормальных условиях может быть сопряжена с риском травмирования персонала.

5.1.2 Существуют риски травмирования персонала, свойственные некоторым видам роботов, полное исключение которых приведет к нецелесообразности использования таких роботов. Требования, установленные в данном разделе, ориентированы на снижение данных рисков при сохранении функционального назначения робота.

5.2 Требования к острым углам и кромкам

5.2.1 Корпус, каркас, ограждение, рукоятки управления и другие части оборудования робота не должны иметь острых углов и кромок, вызывающих риск травмирования персонала при техническом обслуживании и эксплуатации робота.

Примечание — Данное требование не распространяется на части или оборудование робота, имеющие остные углы или кромки, необходимые для выполнения их рабочей функции, если рядом с ними нанесена предупреждающая надпись.

5.3 Требования к подвижным частям робота, кроме манипулятора

5.3.1 Навесные или откидные панели и крышки должны быть расположены так, чтобы они не выпадали или не раскрывались под воздействием силы тяжести или обычной вибрации, что могло бы привести к травмированию персонала такими панелями и крышками, другими подвижными частями или неизолированными токоведущими частями.

5.3.2 Роторы электродвигателей, шкивы, ремни, зубчатые передачи, цепи, вентиляторы и другие подвижные части робота, которые могут стать причиной травмирования персонала, должны быть закрыты или огорожены для того, чтобы снизить риск непреднамеренного контакта с ними.

5.3.3 Подвижная часть, расположенная внутри основного корпуса робота, которая может создать риск травмирования персонала, должна соответствовать требованиям к расстояниям, установленным в таблице 4, и должна оцениваться в отношении следующих факторов:

- степень воздействия на человека;
- заостренность подвижной части;
- вероятность непреднамеренного контакта с подвижной частью;
- скорость подвижной части;
- вероятность того, что пальцы, руки или одежда будут подвержены опасности, вызванной данной подвижной частью.

5.4 Требования к подвижным частям робота, относящимся к манипулятору

5.4.1 При подаче питания на приводы манипулятора должен загораться визуальный индикатор желтого цвета, предупреждающий о том, что робот работает или движение манипулятора возможно. Лампочка, используемая в качестве визуального индикатора, должна соответствовать следующим требованиям:

- лампочка не должна устанавливаться с помощью ввинчивания, что может привести к нарушению контакта в результате воздействия вибрации манипулятора;
- лампочка не должна быть лампой накаливания из-за того, что под возействием вибрации манипулятора возможен преждевременный обрыв нити накала.

Примечания

1 Если робот входит в состав роботизированного модуля, то индикатор может быть расположен не на манипуляторе, а в таком месте, которое хорошо видно со всех сторон извне данного модуля или с проходов в ограждении модуля.

2 Данные требования не распространяются на индикаторы, установленные не на манипуляторе.

3 Если робот предназначен для применения в условиях сильного загрязнения окружающей среды, которое существенно ухудшает видимость горящего индикатора, то визуальный индикатор может быть установлен за пределами роботизированного модуля (см. также 10.1.6). В любом случае робот с манипулятором должен быть оснащен визуальным индикатором рабочего состояния.

5.4.2 Для ограничения движений манипулятора должны быть предусмотрены механические и/или электронные средства. При наличии механических стопоров они должны обеспечивать остановку движения манипулятора при номинальной нагрузке, максимальной скорости и на максимальном вылете. Оценка электронных средств ограничения движений манипулятора приведена в 6.15 и 6.39.

5.4.3 В системе управления роботом должны быть предусмотрены входы и выходы, обеспечивающие надежную автоматическую остановку робота при срабатывании защитных калиток, ограждений и другого оборудования, обеспечивающего безопасность в процессе эксплуатации робота.

5.4.4 Система управления роботом должна быть снабжена надежными средствами предотвращения опасностей, связанных с падением полезной нагрузки, неконтролируемыми движениями и т. д., вызванных следующими причинами:

- активацией функции аварийной остановки;
- отключением питания (электрического, гидравлического, пневматического или иного) приводов.

Примечание — При этом система управления не должна осуществлять автоматический перезапуск робота после восстановления питания, если только не доказано, что данный перезапуск не может вызвать риск возгорания, поражения электрическим током и травмирования персонала;

- отказом при выполнении заданного движения.

5.4.5 Соответствие требованиям, установленным в 5.4.4, должно быть определено с помощью проверок, представленных в 6.16, 6.17 и 6.12.6.

5.4.6 Робот должен быть спроектирован и изготовлен так, чтобы его любая степень подвижности могла перемещаться вручную без использования привода (см. 6.19 и 10.1.2). Ручная разблокировка тормозов, соленоидов и т. п. при выключенном питании приводов степеней подвижности может быть использована для аварийного перемещения степеней подвижности робота, если он оснащен противовесами, механическими стопорами и подобными средствами.

5.4.7 Разблокировка тормозов должна быть защищена от непреднамеренных действий. Средства разблокировки тормозов должны быть легкодоступными и не требовать применения ключа или специального инструмента. Каждая степень подвижности должна иметь условное обозначение, и должны быть предусмотрены предупредительные надписи об опасности падения манипулятора робота.

5.4.8 Манипуляторы робота с номинальной нагрузкой и рабочими органами (при их наличии), требующие приложения усилия более 156 Н во время аварийного перемещения при выключенных приводах, должны быть снабжены противовесом, механическими стопорами или эквивалентными средствами. Риски травмирования персонала, связанные с полезной нагрузкой и рабочими органами (при их наличии) из-за острых кромок, возможности зажатия или прокалывания и т. д., должны быть оценены.

5.5 Требования к нагреву оборудования

5.5.1 Максимальная температура поверхности корпуса робота, рукояток управления, кнопок или клавиш, с которыми может контактировать пользователь при нормальной эксплуатации робота, не должна превышать значений, указанных в таблице 19.

5.6 Требования к монтажным приспособлениям

5.6.1 Оборудование робота массой более 2,3 кг, для установки которого требуются специальные монтажные приспособления, должно пройти проверку, представленную в 6.30, в том случае, если неисправность монтажных приспособлений может привести к риску травмирования персонала.

5.7 Требования к деталям и узлам, находящимся под давлением

5.7.1 Детали или узлы, находящиеся под давлением воздуха или пара, включая давление пара в емкости, содержащей только перегретую жидкость, при нормальной работе или в аварийных условиях, должны быть испытаны в соответствии с требованиями, установленными в 6.31.

5.7.2 Емкости с внутренним диаметром более 76 мм, подвергающиеся давлению воздуха или пара, вырабатываемого или содержащегося внутри робота, должны быть защищены с помощью устройства для сброса давления.

5.8 Требования к устройствам для сброса давления

5.8.1 Наличие средства для безопасного сброса давления должно быть предусмотрено для узлов, в которых давление может создаваться за счет внешнего источника тепла.

5.8.2 Для обеспечения соответствия требованию, установленному в 5.8.1, могут использоваться устройства для сброса давления, температурные предохранители, паяные соединения, неметаллические трубопроводы или другие эквивалентные средства.

5.8.3 Устройством для сброса давления является приводимый в действие давлением клапан, предназначенный для автоматического снятия избыточного давления.

5.8.4 Между средствами для сброса давления и узлами, которые они защищают, не должны располагаться отсечные клапаны.

5.8.5 Уставка значения давления, с которого начинается его сброс, не должна быть больше максимального давления, на которое рассчитан данный узел. Скорость сброса давления должна обеспечивать безопасное снижение давления.

5.8.6 Устройство для сброса давления должно:

- быть подключено максимально близко к защищаемой им камере высокого давления или узлу робота;
- быть расположено так, чтобы обеспечить легкий доступ для осмотра и ремонта, но при этом обеспечить невозможность его повреждения, препятствующего выполнению им своей функции;
- иметь выпускное отверстие, расположенное и направленное так, чтобы работа устройства не допускала ожогов персонала и не способствовала появлению влаги на оголенных токоведущих частях и других компонентах, на которые отрицательно влияет влага.

5.8.7 Устройство для сброса давления, имеющее регулируемую уставку, проверяется при максимальном значении уставки, если только средства регулировки не обеспечивают надежного уплотнения и при меньших значениях уставки.

5.8.8 Блок управления, ограничивающий давление в емкости, для которой необходимо устройство для сброса давления, должен быть проверен в соответствии с 6.32.

5.9 Требования к защите пользователей и обслуживающего персонала

5.9.1 Общие положения

5.9.1.1 Требования данного раздела не распространяются на токоведущие части низковольтных цепей.

5.9.1.2 Токоведущие части и закрывающие их кожухи должны быть расположены так, чтобы люди не подвергались опасности поражения электрическим током при снятии и замене кожуха.

5.9.1.3 Токоведущие части должны быть:

- заглублены не менее чем на 3,0 мм относительно плоскости передней неподвижной части корпуса;
- заглублены не менее чем на 3,0 мм относительно передней грани отсека электропроводки в случае наличия установленного на нем оборудования;
- обеспечены необходимой защитой с помощью консолей или ограждений.

5.9.1.4 Для того чтобы определить, соответствуют ли токоведущие части требованиям, установленным в 5.9.1.2 и 5.9.1.3, закрывающая их крышка должна быть снята и возвращена на место для проверки возможности при этом контакта с токоведущими частями.

5.9.1.5 Если крышка не соответствует требованиям для откидных крышек, установленным в 4.2.4.2—4.2.4.5, и все токоведущие части не защищены так, как это установлено в 5.9.1.6, то рукоятки, кнопки или другие органы ручного управления роботом должны быть расположены так, чтобы они были доступны с внешней стороны защитной оболочки оборудования. В случае необходимости позиции данных органов управления должны иметь маркировку, помогающую правильно их использовать (см. 9.1.13).

Примечание — Если эксплуатация робота предусматривает ручные операции, которые могут осуществляться персоналом только во время установки, технического обслуживания или проведения сезонных работ, то данное требование к такому роботу не относится, если он соответствует требованиям, установленным в 5.9.1.6, 5.9.2.2, 5.9.4.2 и 5.9.5.4. Требования, установленные в 4.14, применяются в любом случае.

5.9.1.6 Неизолированные токоведущие части или подвижные части, которые могут нанести травмы персоналу, должны быть расположены, огорожены или закрыты так, чтобы уменьшить вероятность соприкосновения человека с такой частью при замене лампочки или предохранителя, смазке двигателя, регулировке системы управления или выполнении других стандартных операций, включая операции, выполняемые только во время установки, технического обслуживания или проведения сезонных работ.

5.9.1.7 Металлический радиатор твердотельного элемента, металлический каркас реле и другие подобные токоведущие части должны соответствовать требованиям, установленным в 5.9.1.6. Кроме того, если только оборудование робота не маркировано в соответствии с 9.4.9, данные токоведущие части должны быть огорожены с целью снижения вероятности соприкосновения с ними персонала, независимо от расположения данных частей.

Примечание — Данное требование не распространяется на части, указанные в 5.9.1.8 и 5.9.1.9.

5.9.1.8 Ограждения, перегородки или крышки токоведущих частей, которые могут быть удалены без инструмента, должны быть сняты при определении того, возможен ли контакт пользователя с данной частью. Токоведущая часть, до которой можно дотронуться стержнем с полусферическим окончанием диаметром 9,5 мм и длиной 100 мм, вставленным через отверстие в стационарном ограждении или перегородке, считается доступной для контакта с точки зрения защиты персонала.

Примечание — Роботы, имеющие функциональные отверстия в корпусе, например предназначенные для обеспечения движения механических узлов, могут не соответствовать данному требованию.

5.9.1.9 Части, расположенные на задней стороне монтажной панели или так, что для доступа к ним необходимо произвести большой объем работ по демонтажу с использованием инструментов, не считаются доступными для обслуживающего персонала, если только техническое обслуживание данной части после демонтажных работ не будет выполняться под напряжением.

5.9.1.10 Если инструкция по эксплуатации или нанесенная маркировка указывает пользователю, что через отверстие в защитной оболочке должен быть вставлен инструмент для регулировки или аналогичного действия, то должна быть исключена возможность контакта через данное отверстие стержня диаметром 1,6 мм с неизолированной токоведущей частью.

5.9.2 Управление роботом

5.9.2.1 Общие положения

Выключатель системы управления должен быть расположен или защищен так, чтобы исключить непреднамеренные движения манипулятора робота.

5.9.2.2 Аварийная остановка

Кнопка аварийной остановки должна располагаться на панели управления и должна выделяться. Вокруг панели управления должно быть достаточное пространство, чтобы оператор мог легко воспользоваться кнопкой аварийной остановки.

Кнопка аварийной остановки должна быть красного цвета на желтом фоне, иметь головку грибовидной формы, не иметь ограждения и иметь фиксирующуюся защелку или аналогичное устройство, препятствующее перезапуску робота до тех пор, пока кнопка аварийной остановки не будет вручную возвращена в исходное положение. Перезапуск робота должен быть возможен только с помощью активации функции управления запуском после того, как кнопка аварийной остановки будет возвращена в исходное положение.

Если имеется несколько мест, с которых можно управлять роботом, то кнопки аварийной остановки должны быть установлены на каждом из этих мест.

Каждый робот должен иметь цепь аварийной остановки, использующую аппаратные компоненты. Команда аварийной остановки должна иметь наивысший приоритет среди всех других команд управления роботом, отключать питание приводов робота и вызывать остановку всех движущихся частей.

Максимальное расстояние и время остановки манипулятора, работающего в нормальных условиях с максимальной полезной нагрузкой на максимальной скорости, после нажатия кнопки аварийной остановки должны быть определены в документации изготовителя (см. также 6.18.2 и 10.1.2).

Каждая станция управления роботом, включая выносные пульты, с которой оператор может инициировать движение робота, должна иметь устройство аварийной остановки.

В цепи аварийной остановки должна быть обеспечена возможность подключения дополнительных устройств аварийной остановки.

В цепи аварийной остановки должна быть обеспечена возможность подключения выходных сигналов аппаратных средств обеспечения безопасности.

5.9.3 Органы управления

5.9.3.1 Органы управления должны иметь индикацию рабочего состояния робота.

5.9.3.2 Робот, который может управляться дистанционно, должен иметь средства, препятствующие в случае необходимости инициации движения робота с удаленного пульта управления для того, чтобы неожиданное возобновление движения робота не могло привести к травмированию находящихся вблизи него людей.

5.9.4 Режим обучения робота

5.9.4.1 В режиме обучения оператор, который проводит обучение, может находиться вблизи робота. Максимальная скорость манипулятора робота в режиме обучения должна быть автоматически и надежно ограничена значением 250 мм/с для оконечного механического интерфейса (поверхности монтажного фланца) или рабочего органа при его наличии (см. 6.21.1).

5.9.4.2 Робот должен быть спроектирован и изготовлен так, чтобы в случае любого одиночного прогнозируемого отказа в режиме обучения скорость робота не превышала установленного предела медленной скорости (см. 6.39.1.1).

5.9.4.3 Режим обучения должен быть организован так, чтобы другие режимы работы, например автоматический режим, не могли быть инициированы во время обучения.

5.9.4.4 В режиме обучения система управления роботом должна обнаруживать точки сингулярности при скоординированном движении степеней подвижности манипулятора, инициированном с выносного пульта обучения. При этом система управления должна либо остановить движение робота и предупредить оператора о возможном превышении скорости 250 мм/с каким-либо звеном магипулятора, либо обеспечить снижение (или корректировку) скорости движения манипулятора вблизи точек сингулярности так, чтобы скорость движения любого звена манипулятора не превышала 250 мм/с.

5.9.5 Пульт обучения

5.9.5.1 Должна быть исключена возможность перевода робота в автоматический режим исключительно с помощью пульта обучения.

5.9.5.2 На пульте обучения должна быть предусмотрена кнопка аварийной остановки в соответствии с 5.9.2.2.

5.9.5.3 Во время обучения или программирования робота отпускание оператором любой кнопки управления движением робота должно вызывать остановку робота.

5.9.5.4 На пульте обучения должно быть предусмотрено трехпозиционное деблокирующее устройство. Во время ручного управления роботом, включая режим обучения, робот должен прекратить движение, если оператор отпускает или нажимает кнопку деблокирующего устройства относительно ее среднего рабочего положения.

5.9.5.5 Максимальные значения расстояния и времени торможения манипулятора, работающего с максимальной нагрузкой и на максимальной скорости, допустимой в режиме обучения, после нажатия кнопки аварийной остановки в нормальных условиях должны быть указаны в документации предприятия-изготовителя (см. 6.18.1 и 10.1.2).

5.9.5.6 Выносной пульт обучения должен быть снабжен гибким кабелем, длина которого позволяет проводить обучение робота из-за пределов его рабочей зоны.

5.9.5.7 Должен соблюдаться принцип единой точки управления: если робот находится под управлением выносного пульта обучения, то должна быть исключена возможность инициации движения робота от любого другого источника управления, кроме данного пульта обучения.

5.9.6 Защита рабочего пространства роботизированного модуля

5.9.6.1 Общие положения

Робот и весь роботизированный модуль должны быть обеспечены защитой. Способы и степень защиты, включая надежность защиты, должны непосредственно соответствовать оценке рисков, связанных с конкретным применением робота. Защита может включать (но не ограничиваться) устройства обнаружения присутствия человека, ограждения, информационные барьеры, предупреждающие сигналы, установленные процедуры обеспечения безопасности и обучение персонала.

При использовании устройств обнаружения присутствия человека, они должны соответствовать следующим требованиям:

- устройства обнаружения присутствия человека должны быть спроектированы, изготовлены и установлены таким образом, что любой отказ одного элемента, включая устройства вывода, должен вызывать остановку или не препятствовать обычной остановке робота и связанного с ним оборудования, которое может привести к травмированию персонала, и не допускать возврата к автоматическому режиму работы до тех пор, пока отказавший элемент не будет исправлен или заменен;
- устройства обнаружения присутствия человека должны быть связаны с системой управления роботом так, чтобы обнаружение появления человека в рабочем пространстве вызывало немедленное прекращение опасных движений робота и оборудования в рабочем пространстве и не допускало работу в автоматическом режиме;
- зона действия устройства обнаружения присутствия человека должна быть расположена на таком расстоянии от объектов, представляющих опасность, которое обеспечит невозможность контакта человека с опасным объектом до того, как движение этого объекта будет остановлено;
- устройства обнаружения присутствия человека должны быть спроектированы, изготовлены и установлены так, чтобы на их работу не оказывали негативного воздействия факторы окружающей среды.

Для возобновления движения робота после срабатывания устройства обнаружения присутствия человека должны быть выполнены следующие условия:

- поддверждение отсутствия человека в зоне срабатывания устройства;
- сознательное возобновление работы робота оператором.

Ограждения должны препятствовать доступу персонала в рабочее пространство. Если требуется доступ за ограждение в рабочее пространство, то он должен быть обеспечен только через сблокированную дверцу или другим способом, который обеспечивает эквивалентный уровень безопасности и надежности. Открытие сблокированной дверцы должно вызывать либо остановку робота и отключение питания приводов, либо прекращение автоматической работы робота и связанного с ним оборудования, которое может привести к травмированию персонала.

Для восстановления автоматической работы должны быть выполнены следующие условия:

- выход человека из пределов защищенного пространства;

- восстановление защиты, необходимой для работы в автоматическом режиме;
- сознательное возобновление процедуры запуска.

Механизм блокировки должен быть спроектирован, изготовлен и установлен так, чтобы любой отказ одного элемента вызывал остановку или не препятствовал обычной остановке робота и связанного с ним оборудования. Кроме того, возврат к автоматическому режиму работы не должен осуществляться до тех пор, пока отказавший элемент не будет исправлен или заменен. Заблокированная часть ограждения должна быть установлена и обслуживаться так, чтобы существовала возможность легкой разблокировки без использования инструментов изнутри защищенного пространства при включенном или выключенном питании, если существует вероятность нахождения человека внутри защищенного пространства.

5.9.6.2 Обеспечение резервирования

С помощью частичного или полного резервирования можно минимизировать вероятность того, что одиночный отказ в электрической цепи приведет к возникновению опасности. Резервирование может быть реализовано в электрической цепи, работающей в штатном режиме, или созданием специальных дополнительных цепей, которые берут на себя защитную функцию только в случае отказа основной цепи.

При реализации резервирования с помощью специальных дополнительных цепей должны быть приняты необходимые меры по обеспечению их доступности в случае необходимости.

5.9.6.3 Использование разных принципов функционирования

Использование цепей управления, использующих разные принципы функционирования или устройства разных типов, может снизить вероятность сбоев и отказов, вызывающих опасности. Примерами данного подхода являются:

- использование комбинации нормально разомкнутых и нормально замкнутых контактов, управляемых сблокированной дверцей;
- применение электронных компонентов разных типов в цепи управления;
- использование комбинации электромеханических и электронных цепей в конфигурациях с резервированием;
- использование комбинации электрических и неэлектрических систем (например, механических, гидравлических, пневматических) при реализации резервирования.

5.9.6.4 Аварийная остановка роботизированного модуля

Кнопка аварийной остановки должна быть предусмотрена на каждой станции управления роботизированным модулем. Нажатие кнопки аварийной остановки должно вызывать прекращение всех опасных движений в пределах защищенного пространства. Кнопка аварийной остановки должна соответствовать требованиям, установленным в 5.9.2.2.

Примечание — Если в пределах роботизированного модуля имеют место опасные движения другого оборудования, помимо робота, то на пульте управления могут быть установлены дополнительные кнопки аварийной остановки. При этом должны быть выполнены следующие условия:

- одна кнопка аварийной остановки останавливает все движения робота в соответствии с 5.9.2.2;
- одна или несколько дополнительных кнопок аварийной остановки, соответствующие требованиям, установленным в 5.9.2.2, предназначены для остановки опасных движений другого оборудования, установленного в роботизированном модуле;
- каждая кнопка аварийной остановки должна быть помечена указанием на конкретное оборудование, управляемое данной кнопкой.

5.9.7 Обслуживание оборудования, установленного на роботе

5.9.7.1 Общие положения

Гидравлическая или пневматическая система должна быть снабжена механизмом для сброса давления из аккумулятора давления перед техническим обслуживанием робота. Также должны быть предусмотрены средства для рассеивания накопленной энергии в системах, использующих другие источники питания, перед техническим обслуживанием робота. Пульт(ы) управления роботом должен(ны) иметь индикацию того, что робот находится на техническом обслуживании.

Если во время технического обслуживания или ремонта возникает необходимость обойти какие-либо средства защиты, то должны быть обеспечены альтернативные средства защиты. Способ обхода средств защиты должен быть указан в инструкции по эксплуатации робота. После завершения технического обслуживания все средства защиты должны быть возвращены в работоспособное состояние.

5.9.7.2 Техническое обслуживание механических узлов робота

Требования, установленные в 5.9.1.6, предназначены для того, чтобы обеспечить разумную степень защиты обслуживающего персонала, выполняющего механические работы при включенном оборудовании. Выполнение механических работ по обслуживанию робота, как правило, не связано с контактом с токоведущими или подвижными частями робота, способными травмировать персонал, но часто бывает необходимо выполнять механические работы при включенном оборудовании.

Неизолированные токоведущие или подвижные части робота, способные травмировать обслуживающий персонал, должны быть расположены, защищены или закрыты таким образом, чтобы уменьшить риск непреднамеренного контакта со стороны обслуживающего персонала, выполняющего работы по настройке и регулировке органов управления или техническому обслуживанию механических узлов, которые могут потребовать включения питания робота.

К механическим работам, для выполнения которых может потребоваться включение питания, относятся обслуживание клапанов или соединительных фитингов, которое может потребоваться во время зарядки или регулировки пневматической системы, регулировка настроек, переналадка механизма выключения управления, обслуживание ручного переключателя или смазка двигателя. Элементы управления, значения регулируемых величин, которые установлены на предприятии-изготовителе и которые не имеют маркировки или инструкций по настройке, не считаются регулируемыми элементами.

Регулируемые или переналаживаемые электрические органы управления или ручные переключающие устройства могут быть расположены или ориентированы относительно размещения неизолированных токоведущих частей таким образом, чтобы механические работы с такими устройствами по регулировке, переналадке или настройке могли быть выполнены только в том случае, если неизолированные токоведущие части не находятся перед данным устройством (в направлении доступа к нему) и не находятся вблизи или позади данного устройства без какой-либо защиты.

5.9.7.3 Техническое обслуживание электрических узлов робота

Для обеспечения соответствия требованиям, установленным в 4.4, 5.9.1.6 и 5.9.7.2, необходимо, чтобы определенные электрические компоненты внутри узла располагались так, чтобы оставалось достаточно места для выполнения обслуживания данных компонентов при включенном питании.

Электрический компонент, для которого могут потребоваться проверка, регулировка или техническое обслуживание при включенном питании, должен быть расположен и установлен по отношению к другим компонентам и заземленным металлическим частям так, чтобы он был доступен для проведения работ техническим специалистом, не подвергая его риску поражения электрическим током или нанесения ему травмы расположенными вблизи подвижными частями робота. Доступ к данному компоненту не должны затруднять другие компоненты или электропроводка. Соответствие данному требованию может быть обеспечено с помощью установки регулируемых компонентов в узле таким образом, чтобы беспрепятственный доступ к каждому такому компоненту был бы обеспечен через крышку или отверстие во внешнем корпусе данного узла, если он предусмотрен, и крышку в его защитной оболочке.

К электрическим компонентам, к которым относятся требования, установленные в данном подпункте, относятся плавкие предохранители, регулируемые или переналаживаемые реле перегрузки, контроллер для ручного управления двигателем, электромагнитный контроллер двигателя, магнитоуправляемые реле, регулируемые или переналаживаемые регуляторы давления и температуры, ручные переключающие устройства и таймеры. Данные компоненты в маломощных цепях с пиковым напряжением не более 42 В должны соответствовать требованиям, установленным в данном подпункте, в отношении оголенных токоведущих частей в цепях большей мощности и подвижных частей, способных травмировать обслуживающий персонал.

Следующие компоненты не относятся к неизолированным токоведущим частям:

- катушки контроллеров, реле и соленоидов, а также обмотки трансформаторов, если они покрыты наружной изоляцией толщиной не менее 0,8 мм;
- закрытые обмотки двигателей;
- оконечные элементы и соединения проводов с необходимой изоляцией;
- изолированные провода.

5.10 Аккумуляторные батареи и цепи питания

5.10.1 Общие положения

5.10.1.1 Аккумуляторы, аккумуляторные батареи и портативные батарейные источники питания должны соответствовать требованиям данного подраздела и 6.9.

5.10.2 Клеммы аккумулятора

5.10.2.1 Клеммы аккумулятора должны быть защищены или расположены так, чтобы они не могли быть непреднамеренно закорочены во время установки, замены или в процессе эксплуатации.

5.10.3 Цепи литиевых аккумуляторов

5.10.3.1 Цепи литиевых аккумуляторов (первичные или вторичные цепи, запитываемые от литиевых аккумуляторных батарей) должны соответствовать:

- требованиям к литиевым аккумуляторам, установленным в ГОСТ Р МЭК 61960, ГОСТ Р МЭК 62660-1 и ГОСТ Р МЭК 62660-2, в зависимости от их применения;
- требованиям к первичным цепям, установленным в настоящем стандарте, или требованиям к вторичным цепям, установленным в 6.9.1 и 6.9.2.

5.10.4 Цепи нелитиевых аккумуляторов

5.10.4.1 Цепи нелитиевых аккумуляторов (первичные или вторичные цепи, запитываемые от перезаряжаемых или неперезаряжаемых нелитиевых аккумуляторных батарей), должны соответствовать:

- требованиям к первичным цепям, запитываемым от неперезаряжаемых нелитиевых аккумуляторных батарей, или требованиям к вторичным цепям, запитываемым от перезаряжаемых или неперезаряжаемых нелитиевых аккумуляторных батарей, установленным в 6.9;
- требованиям к первичным цепям, установленным в настоящем стандарте, или требованиям к вторичным цепям, установленным в данном подразделе.

5.10.5 Принадлежности и аксессуары

5.10.5.1 Работа робота с принадлежностями или аксессуарами, рекомендованными предприятием-изготовителем, не должна приводить к увеличению риска травмирования персонала, возгорания или поражения электрическим током.

6 Проверка характеристик, влияющих на безопасность

6.1 Общие положения

6.1.1 Характеристики робота и/или оборудования робота должны быть исследованы на репрезентативной выборке в соответствии с требованиями, установленными в 6.2—6.40. При выборе образцов, представляющих семейство однотипного оборудования, для испытаний необходимо учитывать конструктивные особенности теплоотвода, характеристики твердотельных элементов и другие конструктивные параметры.

6.1.2 Если не указано иное, то испытания должны проводиться при номинальной частоте и напряжении, указанном в таблице 18.

6.2 Проверка потребляемой мощности

6.2.1 Мощность, подводимая к оборудованию робота, не должна превышать указанное значение более чем на 10 % при его эксплуатации в нормальных условиях и подключении к цепи питания с напряжением, указанным в таблице 18.

6.2.2 Робот должен функционировать в своем рабочем пространстве с номинальной нагрузкой.

6.2.3 Робот должен функционировать при 125 % от номинальной нагрузки для определения допустимой токовой нагрузки проводников (см. 4.15.1.1) или работоспособности средств защиты от перегрузки (см. 6.14).

6.3 Термические испытания

6.3.1 При данных испытаниях оборудование робота не должно нагреваться до температуры достаточно высокой для того, чтобы:

- создать риск возгорания;
- повредить любые материалы, использованные в данном оборудовании;
- превысить температуру, указанную в таблице 19.

Таблица 18 — Значения напряжения для испытаний

Проверяемая характеристика	Номинальное напряжение оборудования и напряжение для испытаний, В[1)]					Раздел стандарта
	110—120	220—240	254—277	440—480	550—600	
Потребляемая мощность	120	240	277	480	600	6.2
Температура	120	240	277	480	600	6.3
Повышенное напряжение по постоянному или переменному току	132	264	305	528	660	6.4
Пониженное напряжение по переменному току	102	204	235	408	510	6.4
Пониженное напряжение по постоянному току	96	192	222	384	480	6.4
Ток утечки	120	240	277	480	600	6.5
Использование в водной среде	120	240	277	480	600	6.6
Максимально низкое напряжение	120	240	277	480	600	6.8
Аккумулятор (перезаряд, низкое напряжение)	120	240	277	480	600	6.9
Соединительные провода и кабели	120	240	277	480	600	6.11
Нарушение работоспособности	132	264	305	528	660	6.12
Отказ компонентов	132	264	305	528	660	6.13
Перегрузка	132	264	305	528	660	6.14
Ресурс	120	240	277	480	600	6.15
Отключение и восстановление питания	120	240	277	480	600	6.16
Аварийная остановка	120	240	277	480	600	6.17
Захватное устройство	120	240	277	480	600	6.20
Медленная скорость при обучении	120	240	277	480	600	6.21
Броски напряжения	120	240	277	480	600	6.22
Перегорание	132	264	305	528	660	6.24
Изгиб	120	240	277	480	600	6.27
Анализ компонентов	132	264	305	528	660	6.40

[1)] Если номинальное напряжение оборудования не соответствует указанным пределам, то испытания проводятся при номинальном напряжении оборудования, за исключением испытаний на перенапряжение и недостаточное напряжение (см. 6.4.2).

Таблица 19 — Максимально допустимая температура

Материалы и компоненты	Температура, °С
А Системы изоляции	
1 Системы изоляции обмоток асинхронных двигателей, имеющих диаметр корпуса[1)] не более 178 мм, за исключением универсальных двигателей, и катушек прерывателей[2),3)]	
а) Системы изоляции класса А по ГОСТ 8865	
На открытом двигателе:	
термопарный или резистивный метод	100
На полностью закрытом двигателе:	
термопарный или резистивный метод	105
б) Системы изоляции класса В по ГОСТ 8865	
На открытом двигателе или катушках прерывателя:	
термопарный или резистивный метод	120
На полностью закрытом двигателе:	
термопарный или резистивный метод	125
2 Системы изоляции обмоток асинхронных двигателей, имеющих диаметр корпуса[1)] более 178 мм, двигателей постоянного тока и универсальных двигателей[2)]	
а) Системы изоляции класса А	
На открытом двигателе:	
термопарный метод	90
резистивный метод	100
На полностью закрытом двигателе:	
термопарный метод	95
резистивный метод	105

Продолжение таблицы 19

Материалы и компоненты	Температура, °С
б) Системы изоляции класса В	
На открытом двигателе:	
термопарный метод	110
резистивный метод	120
На полностью закрытом двигателе:	
термопарный метод	115
резистивный метод	125
Б Компоненты	
1 Конденсаторы:	
а) электролитические[4)]	65
б) других типов[4)]	90
2 Оконечные элементы внешней электропроводки[5)]	75
3 Однородные контакты, шины, соединительные перемычки[6)]	90
4 Держатель плавкого предохранителя	90
5 Печатные платы[7)]	—
6 Полупроводниковые силовые переключатели (симисторы, тринисторы и т.п.)[8)]	—
7 Выпрямители:	
а) селеновые[9)]	75
б) кремниевые[9)]	100
8 Обмотки реле, соленоидов и катушек (кроме обмоток двигателей и трансформаторов):	
а) с системами изоляции класса А:	
термопарный метод	90
резистивный метод	105
б) с системами изоляции класса В[2),3)]:	
термопарный метод	110
резистивный метод	130
9 Герметизирующий компаунд[10)]	—
10 Эпоксидный компаунд[9)]	90
11 Трансформаторы:	
а) с системами изоляции класса А:	
термопарный метод	90
резистивный метод	105
б) с системами изоляции класса В[3)]:	
термопарный метод	110
резистивный метод	120
12 Провода и гибкие кабели с резиновой или термопластичной изоляцией[9),11)]:	60
В Электрическая изоляция	
1 Стекловолокно, используемое в качестве электрической изоляции	90
2 Фенольные композиты, используемые в качестве электрической изоляции или как материал, изнашивание которого может создать риск возгорания или поражения электрическим током:	
а) многослойные[9)]	125
б) литые[9)]	150
3 Электроизоляционная лакоткань	85
4 Другие изоляционные материалы[12)]	—
Г Поверхности	
1 Поверхность, на которой может быть размещен или установлен блок в процессе эксплуатации, и поверхности, которые могут примыкать к данному блоку	90
2 Любое место на или внутри распределительной коробки или отсека электропроводки постоянно подключенного оборудования, в которых должны быть подключены провода питания, включая сами провода, если только данное оборудование не маркировано в соответствии с 9.3.2	90
3 Рукоятки, рычаги, кнопки, клавиши, с которыми контактирует пользователь при нормальной эксплуатации[13)]:	
а) с металлической поверхностью	60
б) с неметаллической поверхностью[14)]	85

[1)] Данный диаметр измеряется в плоскости круга, очерчивающего корпус статора, не считая проушин, рамок и т.п., используемых исключительно для установки, сборки или подключения двигателя.

[2)] В точке на поверхности катушки, находящейся под воздействием температуры внешнего источника, температура, измеренная с помощью термопары, может быть на 15 °С выше указанной в таблице. Однако при измерении резистивным методом температура не может быть выше указанной в таблице.

Окончание таблицы 19

[3] Системы изоляции, работающие при температуре, превышающей максимальную температуру, установленную для данных систем, должны соответствовать требованиям к термическому старению для данных систем изоляции.

[4] Конденсатор, работающий при температуре более 65 °С для конденсатора электролитического типа и более 90 °С для конденсаторов других типов, может оцениваться на основе указанной на нем температуры. Однако измеренная температура не должна превышать номинальную температуру данного конденсатора при температуре окружающей среды 25 °С.

[5] Температура на клемме или ушке проводника измеряется в точке, которая с наибольшей вероятностью будет контактировать с изоляцией проводника, установленного как для реальной эксплуатации.

[6] Если контакты из любого металла и их поддерживающие пластины, шины и соединительные перемычки нагреваются больше чем на 90 °С при высокой температуре окружающей среды или других внешних источниках избыточного тепла либо под влиянием биметаллического нагревателя или другого источника тепла в данном узле, то должна быть произведена проверка допустимости такого нагрева при испытаниях работоспособности в условиях перегрузки и ресурсных испытаниях, проводимых при повышенной температуре, соответствующей реальным внешним условиям.

Примечание — Контакты из серебра и сплавов серебра, которые не нагреваются до температуры выше 100 °С, могут не подвергаться указанным испытаниям при повышенной температуре.

[7] Для печатной платы максимально допустимой температурой является предел температуры для платы минус температура окружающей среды 25 °С.

[8] Для полупроводниковых силовых переключателей и других подобных элементов максимально допустимой температурой на корпусе является максимальная температура корпуса, рекомендованная изготовителем данного полупроводника.

[9] Данные ограничения не применяются к компаундам и компонентам, которые прошли испытания, показавшие их работоспособность при более высокой температуре.

[10] Максимальная температура герметизирующего компаунда, приведенная к температуре окружающей среды 25 °С, должна быть на 15 °С меньше температуры размягчения данного компаунда.

[11] Проводники с резиновой изоляцией, относящейся к классу изоляции А, в двигателях, выводы двигателя с резиновой изоляцией и входной гибкий кабель двигателя с резиновой изоляцией могут эксплуатироваться при температуре выше 60 °С, если каждый проводник помещен в отдельную оплетку. Данное исключение не применимо к проводам и кабелям с термопластической изоляцией.

[12] Возможность применения других изолирующих материалов, не указанных в таблице 19, должна быть определена на основе их свойств, таких как воспламеняемость, дугостойкость и т. д., в зависимости от рабочей температуры.

[13] Указанные максимальные температуры не применимы к оборудованию, предназначенному для использования при температуре окружающей среды, превышающей 85 °С.

[14] Неметаллические рукоятки, рычаги, кнопки и клавиши, на которые нанесено металлическое покрытие толщиной не более 0,13 мм, считаются неметаллическими деталями.

6.3.2 Для того чтобы определить, соответствует ли оборудование робота требованиям термических испытаний, оно должно работать с защитной оболочкой, номинальной нагрузкой и напряжением питания, указанным в таблице 18, непрерывно до тех пор, пока температура не стабилизируется.

6.3.3 Защитные устройства не должны перемещаться в течение термических испытаний.

6.3.4 Постоянно подключенное оборудование робота должно испытываться с проводами длиной 1,2 м, подключенными ко всем клеммам межблочной электропроводки. Провод должен быть наименьшего сечения, обеспечивающего токовую нагрузку не менее 125 % от тока нагруженного двигателя при длительном режиме работы и комбинированных нагрузках и не менее 100 % от токов при других видах нагрузки. Определение сечения провода должно основываться на сечении провода, допускающего нагрев до температуры 60 °С при токе не более 100 А, и на сечении провода, допускающего нагрев до температуры 75 °С при токе более 100 А. При этом тип изоляции не задан.

6.3.5 Постоянно подключенное оборудование робота должно быть установлено так, чтобы оно находилось как можно ближе к стенкам или углам, насколько это позволяет конструкция. Оборудование, подключаемое с помощью кабеля, должно располагаться на горизонтальной поверхности на расстоянии 25 мм от вертикальной стенки из дерева или сопоставимого материала, если вентиляция и другие факторы, способствующие охлаждению, не обеспечивают одинакового нагрева оборудования при работе около стенки и на открытом пространстве или если конструкция оборудования такова, что оно всегда будет располагаться на расстоянии не ближе 25 мм от стенок. Дверцы и крышки, которые могут находиться в закрытом положении во время работы оборудования, должны быть закрыты во время испытаний.

6.3.6 Все значения, указанные в таблице 19, основаны на предположении, что температура окружающей среды равна 25 °С, но испытания могут проводиться при любой температуре окружающей среды в диапазоне 10—40 °С. Однако если работа системы автоматического терморегулирования во время испытаний ограничивает температуру нагрева оборудования, то она не должна превышать заданного предела терморегулирования.

6.3.7 Короткие гибкие кабели с резиновой или термопластичной изоляцией могут подвергаться воздействию температуры выше той, на которую они рассчитаны, например на оконечных элементах, если на отдельных проводниках кабеля установлена дополнительная теплостойкая изоляция, имеющая необходимую диэлектрическую прочность, которая снижает вероятность ухудшения состояния изоляции проводников.

6.3.8 Оборудование робота, предназначенного для эксплуатации при температуре окружающего воздуха выше 25 °С, должно быть испытано при такой повышенной температуре окружающего воздуха, а допустимые пределы температуры, указанные в таблице 19, будут уменьшены на величину разницы между данной повышенной температурой и значением 25 °С.

6.3.9 Если оборудование робота не предназначено для непрерывной работы, то термические испытания могут быть проведены с учетом периодического или кратковременного режима работы.

6.3.10 Температура компонентов, за исключением катушек, должна измеряться с помощью термопар, состоящих из проводов с сечением не более 0,2 мм^2 (см. 6.3.15).

6.3.11 Если для измерения температуры электрической аппаратуры используются термопары, то рекомендуется использовать термопары железо/константан с сечением проводников 0,05 мм^2 и измерительный прибор потенциометрического типа. Данное оборудование должно использоваться во всех случаях, когда требуется проводить измерение температуры с помощью термопары.

6.3.12 Термопары и измерительный инструмент должны быть откалиброваны для обеспечения необходимой точности измерений. Термопары должны соответствовать требованиям, установленным в ГОСТ Р 8.585.

6.3.13 Температура считается установившейся, когда три последовательных показания, снятые с интервалами, равными 10 % от длительности предыдущего испытания, но не менее 5 мин., дают одинаковые результаты.

6.3.14 Спай и примыкающие к нему провода термопары должны обеспечивать надежный термический контакт с поверхностью испытуемого материала. В большинстве случаев надежный термический контакт достигается прикреплением изолентой или приклеиванием термопары к нужному месту, но если поверхность является металлической, то может потребоваться пайка термопары к металлу твердым или мягким припоем.

6.3.15 Предпочтительным методом измерения температуры на катушках является резистивный метод, но может также применяться измерение с помощью термопары, за исключением измерения температуры в том месте, где используется дополнительная теплоизоляция.

6.3.16 Термопарный метод заключается в определении температуры с помощью приложения термопары к самым горячим доступным частям.

6.3.17 При использовании резистивного метода температура обмотки должна рассчитывается по следующей формуле:

$$t = R/r \cdot (k + t_1) - (k + t_2),$$

где R — сопротивление обмотки в конце испытания, ом;

r — сопротивление обмотки в начале испытания, ом;

t_1 — комнатная температура в начале испытаний, °С;

t_2 — комнатная температура в конце испытания, °С;

k — коэффициент, равный 234,5 для меди и 225,0 для алюминия; значения данного коэффициента для других проводников должны быть определены экспериментально.

6.3.18 Как правило, необходимо обесточить обмотку перед измерением сопротивления R. Значение сопротивления R после отключения питания может быть определено с помощью нескольких измерений сопротивления через короткие интервалы времени, начиная как можно ближе к моменту отключения питания. Кривая значений сопротивления в зависимости от времени может быть экстраполирована для получения значения R в момент отключения питания. Могут быть также использованы приборы, способные измерять сопротивление обмотки при включенном питании.

6.4 Проверка работоспособности при повышенном и пониженном напряжении

6.4.1 В процессе проверки робот должен работать в соответствии со своим назначением при повышенном и пониженном напряжении, указанном в таблице 18.

Примечание — Если пределы рабочего напряжения, которые могут быть указаны на паспортной табличке робота помимо номинального напряжения, превышают значения повышенного и пониженного напряжения, указанные в таблице 18, то проверку работоспособности робота проводят при данных предельных значениях напряжения.

6.4.2 Робот должен быть подключен к источнику питания, поддерживающему необходимое повышенное напряжение, до тех пор, пока не будет достигнута постоянная температура работающего робота. Затем напряжение должно быть снижено до номинального значения, которое должно поддерживаться до тех пор, пока температура робота не стабилизируется. После этого напряжение снижается до необходимого пониженного напряжения, и робот должен продолжать работать в соответствии со своим назначением в данных условиях.

6.5 Проверка тока утечки

6.5.1 В процессе проверок ток утечки при подключении робота с помощью кабеля с вилкой к источнику номинального напряжения не должен превышать 3,5 мА для заземленного трехжильного кабеля со стандартной вилкой, рассчитанной на ток не более 20 А.

6.5.2 Под током утечки понимаются все токи, включая емкостные токи, которые могут протекать между открытыми проводящими поверхностями оборудования робота и землей или другими открытыми поверхностями оборудования.

6.5.3 Все открытые проводящие поверхности должны быть проверены на токи утечки. Токи утечки на этих поверхностях должны измеряться по отношению к заземленному проводнику питания как по отдельности, так и для всех поверхностей вместе, если к ним возможен одновременный доступ, а также между отдельными поверхностями, если к ним возможен одновременный доступ. Части робота считаются открытыми поверхностями, если они не закрыты оболочкой, обеспечивающей защиту от риска поражения электрическим током. Поверхности считаются одновременно доступными, если человек может одновременно до них дотронуться одной или двумя руками. Данные измерения тока утечки не распространяются на оконечные устройства, находящиеся под напряжением, которое не вызывает риска поражения электрическим током. Если все доступные поверхности соединены между собой и подключены к заземляющему проводнику кабеля питания, то ток утечки может быть измерен между данным заземляющим проводником и заземленным проводником питания. Если нетокопроводящие металлические части робота соединены с нейтральным проводником питания, то данное соединение должно быть разорвано во время проведения испытаний.

6.5.4 Если защитная оболочка (или часть оболочки) оборудования робота имеет проводящую неметаллическую поверхность, то ток утечки измеряют с помощью металлической фольги размером 100 × 200 мм, соединенной с данной поверхностью. Если площадь поверхности оболочки меньше, чем 100 × 200 мм, то размер металлической фольги должен совпадать с размером данной поверхности. Металлическая фольга не должна оставаться на поверхности оболочки достаточно долго, чтобы не повлиять на температуру оборудования.

6.5.5 Если робот имеет трехфазное питание, то ток утечки определяют как сумму измеренных токов между каждой фазой и нейтралью.

6.5.6 Если измерительный прибор используется не для измерения тока утечки между двумя открытыми частями робота, то он должен быть подключен между доступными частями робота и заземленным проводником питания.

6.6 Роботы, предназначенные для работы в водной среде

6.6.1 Оборудование робота, подключаемое к сети питания с помощью кабеля с вилкой, которое предназначено для работы в среде, предполагающей наличие воды, например при водоструйной резке, снятии фасок на стекле или полировке, должно выдерживать испытания на токи утечки после 7 ч непрерывной работы в водной среде при самом тяжелом режиме эксплуатации, указанном в руководстве пользователя предприятия-изготовителя. По завершении измерения тока утечки должен быть произведен визуальный осмотр оборудования робота для того, чтобы убедиться, что попадание воды не может вызвать риски возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей.

6.6.2 Постоянно подключенное оборудование также должно находиться в водной среде в течение 7 ч при заданных условиях эксплуатации, после чего должен быть произведен визуальный осмотр оборудования для того, чтобы убедиться в том, что попадание воды не может вызвать риски возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей.

6.7 Роботы, предназначенные для работы на открытом воздухе

6.7.1 Робот, предназначенный для эксплуатации на открытом воздухе, должен быть проверен для того, чтобы определить влияние прогнозируемых воздействий окружающей среды, которым он может подвергаться. К таким воздействиям относятся, например, ультрафиолетовое облучение, дождь, снег, пыльные или песчаные бури и т. п.

6.8 Проверка максимального напряжения на электролитических конденсаторах

6.8.1 Максимально возможное напряжение на электролитических конденсаторах в высокоэнергетических электрических цепях должно быть определено для того, чтобы убедиться, что их работа будет происходить в указанных границах. Проверка максимального напряжения на электролитических конденсаторах должна производиться при следующих условиях:

- любые плавкие предохранители могут быть удалены из электрической цепи при проверке максимального напряжения;
- устройства, блоки или цепи, автоматически регулирующие напряжение, должны быть приведены в неработоспособное состояние.

Примечание — Данное требование не применяется, если испытуемое устройство, блок или цепь защищает от неприемлемого превышения уровня напряжения. При испытаниях необходимо учитывать любые возможные неисправности или отказы в регулирующем устройстве или оборудовании, а также возможность отсоединения устройства, если оно не подключено к цепи постоянно;

- разъем или аналогичный узел, который может быть отключен во время эксплуатации или технического обслуживания оборудования, во время испытаний должен быть как в отключенном, так и в подключенном состоянии;
- оборудование должно быть подключено к источнику питания с напряжением, указанным в таблице 18;
- если имеет место комплексное напряжение, то должно быть измерено амплитудное значение напряжения.

6.9 Проверка аккумуляторов и их цепей

6.9.1 Перезарядка аккумуляторов

6.9.1.1 Полностью заряженный аккумулятор должен быть подвергнут перезарядке с помощью:

- зарядной цепи, настроенной на максимальную скорость зарядки;
- любого одиночного узла или части электронного устройства или электролитического конденсатора в короткозамкнутой или разомкнутой зарядной цепи.

6.9.1.2 Робот, имеющий в своем составе аккумулятор, должен быть подключен к цепи питания, установленной предприятием-изготовителем, и надлежащим образом защищен плавкими предохранителями. Один слой технической марли с поверхностной плотностью 35—38 г/м^2 должен быть свободно размещен на корпусе аккумулятора, а трехамперный плавкий предохранитель без временной задержки должен быть размещен между доступными токопроводящими частями и землей.

6.9.1.3 В дополнение к любому из неприемлемых условий, указанных в 6.9.4.1, не должно быть никаких признаков возгорания или разрушения трехамперного предохранителя.

6.9.2 Разрядка аккумулятора

6.9.2.1 Замыкание накоротко ненадежных компонентов, например схем памяти микропроцессора или полупроводников, подключаемых по очереди к клеммам полностью заряженного аккумулятора, не должно создавать неприемлемых условий, указанных в 6.9.1.3 и 6.9.4.1.

6.9.3 Падение аккумулятора

6.9.3.1 Каждый из трех образцов полностью заряженного аккумулятора, предназначенного для замены пользователем, должен быть сброшен три раза с высоты 1 м на бетонный пол в положении, которое с наибольшей вероятностью приведет к негативным последствиям, вызывающим любое из неприемлемых условий, указанных в 6.9.4.1.

6.9.4 Результаты проверки аккумулятора

6.9.4.1 Результаты проверки аккумулятора должны считаться отрицательными, если имеет место одно или несколько из следующих условий:

- появление трещин в корпусе аккумулятора;
- вытекание электролита из корпуса аккумулятора;
- взрыв или возгорание аккумулятора.

6.9.5 Потеря программы в памяти из-за низкого напряжения аккумулятора

6.9.5.1 Для того чтобы проверить отсутствие опасности в случае разрядки резервного аккумулятора, питающего микросхемы памяти, и невозможности его заменить или зарядить, основное питание должно быть отключено, чтобы дать возможность микропроцессору потерять все содержимое памяти, поддерживавшееся ранее резервным аккумулятором. Это может привести к тому, что робот не будет иметь информации о своем положении и выполняемой работе. Затем система управления роботом снова должна быть подключена к основному питанию, не создав при этом риска травмирования людей при попытке возобновить нормальную работу без резервного аккумулятора, питающего микросхемы памяти.

6.10 Проверка пульта обучения

6.10.1 Общие положения

6.10.1.1 Пульт обучения должен быть сброшен три раза с высоты 1 м на бетонный пол в положении, которое с наибольшей вероятностью приведет к негативным последствиям, вызывающим любое из неприемлемых условий, указанных в 6.10.1.2.

6.10.1.2 Результаты проверки пульта обучения должны считаться отрицательными, если имеет место одно или несколько из следующих условий:

- возможен доступ к травмоопасным напряжению и току, превышающим в амплитуде 42 В и 3,5 мА;
- поломка пульта, которая может вызвать порезы у оператора;
- утрата функции аварийного останова вследствие механических или электрических повреждений;
- опасные движения манипулятора робота.

6.10.2 Рукоятка пульта обучения и крепежные средства

6.10.2.1 Рукоятка пульта обучения, если она предусмотрена, должна быть расположена в центре и иметь ширину не менее 80 мм. Крепежные средства для установки приборной доски на контроллере или другой установочной поверхности должны быть применены в соответствии с инструкциями предприятия-изготовителя. Каждое крепежное средство должно выдерживать усилие, равное трехкратному весу пульта обучения, но не менее 90 Н, приложенное примерно к центру тяжести. Прилагаемое усилие должно постепенно увеличиваться, достигать требуемого значения через 5—10 с и сохраняться в этом значении в течение 1 мин. При этом не должно быть нанесено неприемлемого ущерба средствам крепления, рукоятке или корпусу пульта обучения, к которому они прикреплены.

6.10.3 Деблокирующее устройство пульта обучения

6.10.3.1 Человеческая реакция в случае аварии может заключаться в отпускании или нажатии деблокирующего устройства. Во время ручного управления роботом, включая режим обучения, движение робота должно быть остановлено в том случае, когда оператор отпускает или нажимает деблокирующее устройство относительно его нормального рабочего положения (см. 6.18).

6.11 Проверка соединительных проводов и кабелей

6.11.1 Для того чтобы определить соответствие требованиям, установленным в 4.15.2.5, электрические разъемы, в которых не предусмотрены средства для предотвращения непреднамеренного разъединения, должны быть проверены на предмет возможности соприкосновения с доступными открытыми контактами, которое может привести к возникновению опасности поражения электрическим током.

6.11.2 При рассоединении разъема все открытые контакты внешних соединительных кабелей должны быть проверены на предмет того, что:

- отсутствует риск поражения электрическим током,
- токоведущие части недоступны для контакта с человеком.

6.12 Проверка нарушения работоспособности

6.12.1 При работе в стабильных температурных условиях в случае возникновения ненормальных условий, указанных в 6.12.3—6.12.7, не должно быть:

- выброса пламени или расплавленного металла;

- оголенных проводников печатных плат или отдельных проводов;
- риска поражения электрическим током (см. 6.23);
- риска травмирования персонала.

Чувствительные к температуре или току устройства или системы, которые вызывают прекращение испытаний, должны соответствовать требованиям, предъявляемым к данным устройствам. Открывание или закорачивание одного или нескольких выходных силовых полупроводниковых приборов является приемлемым результатом.

6.12.2 Исследование электронных токоограничивающих цепей должно предусматривать применение анализа компонентов (см. 6.39).

6.12.3 Робот, работающий от трехфазной сети, должен оставаться работоспособным при отключении одной фазы. Для отключения должна быть выбрана фаза, защитные устройства которой наименее чувствительны. Проверка должна быть проведена путем отключения одной фазы от робота, работающего с максимальной нагрузкой, и должна быть повторена путем подачи питания на робот с отключенной одной фазой.

6.12.4 Робот, имеющий принудительную вентиляцию, должен оставаться работоспособным при заблокированном роторе электродвигателя вентилятора до тех пор, пока температура не стабилизируется.

6.12.5 Робот, в корпусе которого имеются вентиляционные отверстия с фильтрами, должен оставаться работоспособным при закрытых отверстиях, что соответствует забитым фильтрам. Проверка сначала должна быть проведена при закрытии вентиляционных отверстий примерно на 50 %, что соответствует достаточно сильной закупорке фильтров. Затем проверка должна быть повторена при полном закрытии отверстий.

6.12.6 Любой двигатель привода должен оставаться работоспособным при заблокированном роторе до тех пор, пока не будут инициирована остановка и выдан информационный сигнал.

6.12.7 Если двигатели приводов робота снабжены тормозами, то они должны оставаться работоспособными при включенных тормозах в течение 4 ч.

6.13 Проверка работоспособности при выходе из строя элементов электрических цепей

6.13.1 В результате данной проверки не должно произойти возгорания одного слоя технической марли с поверхностной плотностью 35—38 г/м^2, свободно размещенной над всеми вентиляционными отверстиями робота или вокруг открытого оборудования, в то время как элементы силовых электрических цепей, например конденсаторы, диоды или другие твердотельные элементы, по очереди закорачиваются или открываются.

6.13.2 Данное испытание не проводится в следующих случаях:

- если в результате анализа цепи установлено, что ни один элемент или часть цепи не будут значительно перегружены в результате возможного закорачивания или открывания другого элемента;
- для элементов цепей класса защиты II или других цепей, которые не должны быть подвергнуты проверке в соответствии с требованиями настоящего стандарта;
- для силовых полупроводниковых приборов, если аналогичная проверка произведена при других испытаниях;
- для устройств, элементы которых были проверены в соответствии с требованиями, установленными в 6.39;
- если все элементы электрической цепи находятся внутри сплошной защитной оболочки без вентиляционных отверстий.

6.14 Проверка работоспособности при перегрузке

6.14.1 Робот должен работать без возникновения риска возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей в том случае, когда робот нагружен на 125 % от его номинальной грузоподъемности и работает с максимальной скоростью в течение 7 ч или до тех пор, пока не будет достигнуто тепловое равновесие внутри корпуса (см. 6.14.3) или работа робота не будет прекращена средствами защиты от перегрузки в любой момент в течение этого периода.

6.14.2 Для робота, который не предназначен для непрерывной работы, возможная периодическая или кратковременная эксплуатация робота должна быть учтена при проведении температурных испытаний.

6.14.3 Тепловое равновесие считается достигнутым, когда три последовательных показания, снятые с интервалом в 15 мин., указывают на отсутствие изменения температуры объекта.

6.15 Ресурсное испытание

6.15.1 Средства, ограничивающие диапазон перемещения манипулятора (например, запрограммированные команды, электромеханические переключатели, механические стопоры), должны быть подвергнуты испытанию, включающему 100 000 циклов срабатывания данных средств. При этом манипулятор должен нести груз, соответствующий его номинальной грузоподъемности. По завершении 100 000 циклов должен быть произведен визуальный осмотр робота и проверены механические свойства ограничивающих средств. Механические стопоры должны останавливать движения манипулятора на максимальной скорости при номинальной нагрузке на внешних границах его рабочего пространства. Не должно быть выявлено никаких признаков потери механической целостности или функций робота. Данное испытание может быть выполнено одновременно с проверкой проводов на изгиб (см. 6.27).

6.16 Проверка отключения и восстановления питания

6.16.1 При отключении питания приводов (из-за обрыва кабеля питания или выключения питания) робот не должен создавать риск травмирования персонала, который может быть вызван падением перемещаемого груза или неконтролируемым движением робота. Чтобы убедиться в этом, питание должно быть выключено при работе робота в каждом из предусмотренных режимов его работы с номинальной нагрузкой, например, в автоматическом режиме или в режиме обучения. Затем питание снова включается для того, чтобы определить отсутствие при этом риска травмирования людей.

6.17 Проверка аварийного останова

6.17.1 Во время работы при перемещении максимально допустимого груза должен быть выдан сигнал аварийного останова. При этом должны быть зафиксированы время и пройденное расстояние до полного останова для того, чтобы оценить риск возможного травмирования людей.

6.18 Проверка максимального времени и расстояния торможения

6.18.1 Режим обучения

6.18.1.1 Значения времени и пройденного расстояния до полной остановки в режиме обучения при перемещении манипулятора на максимальной скорости с максимально допустимой нагрузкой в нормальных условиях должны быть указаны в инструкции предприятия-изготовителя для следующих изменений состояния деблокирующего устройства:

- нажатие из нормального рабочего положения;
- отпускание из нормального рабочего положения.

6.18.2 Аварийная остановка

6.18.2.1 Значения времени и пройденного расстояния до полной остановки при перемещении манипулятора на максимальной скорости с максимально допустимой нагрузкой в нормальных условиях должны быть указаны в инструкции предприятия-изготовителя для следующих изменений состояния деблокирующего устройства:

- нажатие из нормального рабочего положения;
- отпускание из нормального рабочего положения.

6.19 Проверка аварийного перемещения манипулятора при выключенном питании приводов

6.19.1 Каждая степень подвижности манипулятора робота должна быть проверена на возможность ее перемещения в аварийной ситуации при выключенном питании привода.

6.20 Проверка захватного устройства (рабочего органа)

6.20.1 Поставляемое с роботом или рекомендованное захватное устройство (или аналогичный рабочий орган) должно быть подвергнуто 10 000 циклов захватывания и отпускания (при полном раскрытии пальцев захватного устройства) груза, равного 125 % от номинальной грузоподъемности робота во всем диапазоне всех задействованных степеней подвижности. Захватное устройство должно выполнять свою функцию без непреднамеренного отпускания удерживаемого груза, которое может создать риск травмирования людей. Данная проверка может быть выполнена одновременно с любой частью ресурсного испытания (см. 6.15) и проверки проводов на изгиб (см. 6.27).

6.21 Измерение медленной скорости в режиме обучения

6.21.1 В режиме обучения скорость манипулятора должна быть ограничена следующим образом:

- при полностью вытянутом манипуляторе и поочередном перемещении каждой степени подвижности скорость центральной точки инструмента не должна превышать 250 мм/с;
- при одновременном управлении всеми степенями подвижности максимальная скорость каждой степени подвижности должна быть ограничена так, чтобы скорость перемещения любой части манипулятора не превышала 250 мм/с.

6.22 Проверка воздействия выброса напряжения

6.22.1 Оборудование робота должно быть проверено в соответствии с 6.22.2—6.22.4. При определении воздействия выброса напряжения на работу робота в автоматическом режиме, в режиме обучения или при выключенном питании не должен возникать риск возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей.

6.22.2 Электрические цепи с подавлением пульсаций, определенные в 4.24.1.2 и 4.24.1.3, должны быть проверены на работоспособность при выбросах напряжения.

6.22.3 Максимальное пиковое пропускаемое напряжение не должно превышать 300 % от пикового рабочего напряжения или 300 В (выбор большего значения). После завершения испытания робот должен оставаться работоспособным.

6.22.4 Оборудование робота должно быть подключено к источнику питания с номинальным напряжением, снабженному генератором импульсов, подключенному параллельно оборудованию. Если питание робота осуществляется от трехфазной сети, то должны быть проверены выбросы напряжения, возникающие между отдельными фазами во всех комбинациях, а также между каждой фазой и нейтралью, если это возможно.

6.23 Проверка напряжения пробоя диэлектрика

6.23.1 Общие положения

6.23.1.1 Оборудование робота должно выдерживать без пробоя диэлектрика приложение в течение 1 мин. переменного напряжения 1000 В плюс двойное максимальное номинальное напряжение между токоведущими частями:

- линейного напряжения и заземленными или оголенными металлическими частями корпуса с замкнутыми или разомкнутыми контактами;
- линейного напряжения противоположной полярности с замкнутыми контактами;
- линейных и низковольтных цепей, линейных и обособленных маломощных вторичных цепей, разных линейных цепей;
- разных вторичных цепей.

6.23.1.2 Низковольтные цепи оборудования робота должны выдерживать без пробоя приложение в течение 1 мин. переменного напряжения 500 В:

- между низковольтными токоведущими частями противоположной полярности с замкнутыми контактами (при их наличии);
- между низковольтными токоведущими частями и корпусом или заземленными нетокопроводящими металлическими частями.

6.23.1.3 Для проверки оборудования робота на соответствие требованиям, установленным в 6.23.1.1—6.23.1.2, необходимо использовать трансформатор мощностью не менее 500 В·А с регулируемым синусоидальным выходным напряжением. Прикладываемое напряжение должно увеличиваться от нуля до требуемого значения и поддерживаться на этом уровне в течение 1 мин. Увеличение прикладываемого напряжения должно происходить равномерно с такой скоростью, которая обеспечивает правильные показания вольтметра.

6.23.1.4 Если зарядный ток, протекающий через конденсатор или фильтр конденсаторного типа, подключенный параллельно линии или между линией и землей, достаточно велик для того, чтобы сделать невозможным поддержание требуемого напряжения переменного тока, то такие конденсаторы и фильтры конденсаторного типа могут быть проверены в соответствии с 6.23.1.5.

6.23.1.5 Конденсаторы и фильтры конденсаторного типа, отмеченные в 6.23.1.4, должны быть проверены с помощью напряжения постоянного тока 1414 В для оборудования, рассчитанного на напряжение не более 250 В, или с помощью напряжения 1414 В плюс трехкратное номинальное напряжение цепи для оборудования, рассчитанного на напряжение более 250 В. Указанное напряжение постоянного тока должно поддерживаться в течение 1 мин., не вызывая пробоя.

6.23.1.6 Для данных проверок может использоваться любой источник, имеющий достаточную мощность для поддержания требуемого напряжения. Выходное напряжение должно контролироваться. Прикладываемое к оборудованию напряжение должно увеличиваться с нуля до требуемого значения со скоростью примерно 200 В/с и поддерживаться в данном значении в течение 1 мин. Для проверки цепей постоянного тока должен использоваться источник напряжения постоянного тока.

6.23.1.7 Печатные узлы и другие компоненты электронных цепей, которые могут быть повреждены прикладываемым напряжением или могут закоротить прикладываемое напряжение, должны быть удалены, отключены или иным образом приведены в неработоспособное состояние перед началом проверки напряжения пробоя диэлектрика. Выбранный представительный узел может быть проверен вместо всего блока. Выпрямительные диоды в блоке питания могут быть зашунтированы до проведения проверки для того, чтобы защитить их в случае пробоя в каких-либо вторичных цепях.

6.23.2 Вторичные цепи (контролируемая среда)

6.23.2.1 Вторичные цепи с пиковым значением напряжения более 42 В должны выдерживать в течение 1 мин. напряжение, указанное в таблице 20, которое прикладывается:

- между первичной и вторичной цепями;
- последовательно между вторичными цепями и землей при отсоединении всех компонентов, соединенных с заземленным основанием или шасси робота.

Таблица 20 — Значения напряжения для проверки вторичных цепей

Максимальное среднеквадратичное напряжение в цепи U[1)]	Напряжение для проверки
$U \le 30$ В (42 В пиковое)	Не проверяется
30 В (42 В пиковое) < $U \le 330$ В (470 В пиковое)	Десятикратное значение напряжения в цепи [максимум 1000 В (среднеквадратичное)]
330 В (470 пиковое) < $U \le 1000$ В (1414 В пиковое)	Трехкратное значение напряжения в цепи
1000 В (1414 В пиковое) < U	1750 В + 1,25 × U
[1)] Если пиковое значение напряжения превышает 120 % от среднеквадратичного значения напряжения, умноженного на коэффициент 1,414, то такая цепь должна проверяться как цепь с напряжением, равным пиковому значению напряжения, деленному на коэффициент 1,414.	

6.23.2.2 Проверка напряжения пробоя диэлектрика на печатных узлах и других компонентах электронных цепей производится в соответствии с 6.23.1.7.

6.23.3 Силовые трансформаторы

6.23.3.1 Каждый силовой трансформатор должен работать без пробоя в течение 1 мин. при приложении напряжения, указанного в таблице 20, к каждой вторичной обмотке, повышающей напряжение относительно напряжения на первичной обмотке. Данное требование не распространяется на обмотки трансформаторов, которые не выполняют функцию основного источника электропитания, например, резонансные обмотки трансформатора-стабилизатора напряжения.

6.23.3.2 Силовой трансформатор должен выдерживать в течение 1 мин. без пробоя приложение переменного напряжения 1000 В плюс удвоенное максимальное номинальное первичное или вторичное напряжение номинальной частоты между первичной и вторичной обмотками и должен выдерживать при тех же условиях приложение переменного напряжения 1000 В плюс удвоенное номинальное напряжение каждой обмотки номинальной частоты между каждой обмоткой и сердечником или корпусом. Проверка пробоя между первичной и вторичной обмотками не проводится для автотрансформаторов. Вместо переменного напряжения может прикладываться напряжение постоянного тока, в 1,4 раза превышающее номинальное напряжение плюс 1000 В в течение 1 мин.

6.23.3.3 Первичные и вторичные цепи, подключенные к трансформатору, должны быть отключены при проверке в соответствии с 6.23.3.1. При проверках должен быть использован источник синусоидального напряжения с частотой, варьируемой в диапазоне 180—1000 Гц, если необходимо предотвратить насыщение сердечника.

6.24 Проверка перегорания (перегрузки трансформатора)

6.24.1 Если силовой трансформатор, не предназначенный для питания низковольтных, электронных или обособленных маломощных вторичных цепей, проверяется в соответствии с 6.24.2, то не

должно возникать каких-либо повреждений защитной оболочки, выбросов пламени или расплавленного металла, а также риска поражения электрическим током. Риск поражения электрическим током определяется в соответствии с 6.23.3.2.

6.24.2 Трансформатор должен работать непрерывно с защитными устройствами электрической цепи при номинальной частоте и напряжении, указанном в таблице 18, и с заземленной оболочкой. Должно измеряться напряжение разомкнутой цепи каждой вторичной обмотки трансформатора. Должен контролироваться максимальный ток в каждой вторичной обмотке трансформатора при нормальной работе манипулятора с максимальной нагрузкой. Все вторичные обмотки должны быть одновременно настроены на 50 % нагрузки (фактической нагрузки манипулятора или внешней регулируемой тестовой нагрузки), температуру сердечника силового трансформатора следует контролировать до достижения теплового равновесия. Затем нагрузки вторичных обмоток должны быть перенастроены на 200 %, и трансформатор должен работать в течение 30 мин. После этого нагрузки опять должны быть снижены до 50 %, и температуру сердечника трансформатора необходимо контролировать до достижения теплового равновесия или конечной температуры. Разница между начальной температурой (при 50 % нагрузки) и конечной температурой (при 50 % нагрузки после 200 % нагрузки) должна быть в пределах 5 °С, а разница в напряжениях разомкнутой цепи в начале и конце проверки не должна превышать 2 %.

Примечание — Срабатывание защитных устройств или аналогичных чувствительных цепей, отключающих питание без возникновения риска возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей, считается приемлемым завершением данной проверки.

6.24.3 Трансформаторы, питающие низковольтные цепи, должны проверяться как трансформаторы класса защиты II с закороченными низковольтными выводами. Трансформаторы, питающие обособленные маломощные вторичные цепи или электронные схемы, должны проверяться в соответствии с 6.23.1.2 и 6.23.3.2, за исключением того, что все вторичные обмотки должны быть закорочены напрямую. Если часть обособленной маломощной вторичной цепи или электронной схемы подключена к низковольтным внешним выводам, то должны быть проведены стандартная проверка для транформаторов класса защиты II и проверка при закороченных вторичных обмотках.

6.25 Проверка сопротивления заземления

6.25.1 Сопротивление цепи заземления, измеренное между заземляемыми токопроводящими частями оборудования робота и заземляющими устройствами, не должно превышать 0,1 Ом.

6.25.2 Если измеренное сопротивление цепи заземления превышает 0,1 Ом, то сопротивление должно быть определено с помощью измерения напряжения при токе 20 А от источника постоянного тока, генерирующего при отсутствии нагрузки напряжение не более 12 В, протекающем между устройством заземления (точкой на оборудовании робота, к которой подводится заземляющий проводник) и заземляемой токопроводящей частью оборудования робота. Сопротивление в омах вычисляется делением падения напряжения в вольтах на ток в амперах между данными двумя точками. Внешние проводники, навесная проводка и кабели питания при их наличии должны быть отключены при проведении данного измерения.

6.26 Проверка разгрузки от натяжения

6.26.1 Устройство разгрузки от натяжения должно выдерживать без повреждения кабеля или проводников и без смещения прямое усилие 160 Н, приложенное к кабелю в течение 1 мин. Во время данной проверки проводники питания должны быть отключены от оконечных элементов или мест соединения на оборудовании робота.

6.26.2 Гибкие выводы, предназначенные для подключения внешней проводки, должны выдерживать без повреждения или смещения следующие значения прямого усилия:

- 90 Н в течение 1 мин. для вывода, выходящего из корпуса, например, через втулку или штуцер;
- 45 Н в течение 1 мин. для вывода, расположенного внутри коммутационного отсека.

6.27 Проверка проводов на изгиб

6.27.1 В соответствии с 4.15.1.5 электрические провода, которые находятся в движении в процессе работы робота, не считая установки и технического обслуживания робота, должны быть испытаны с помощью циклического механизма таким образом, чтобы жгут проводов сгибался на максимальную длину его перемещения, предусмотренного конструкцией робота. Продолжительность испытания должна

составлять 100 000 циклов. После этого все функции, связанные с безопасностью, в том числе аварийная остановка, перемещение на медленной скорости в режиме обучения, управление из единого центра и другие функции, должны быть правильно выполнены. Оборудование робота должно быть проверено на напряжение пробоя диэлектрика (см. 6.23) между проводником питания каждого двигателя и проводниками питания всех остальных двигателей, всеми другими проводниками и доступными металлическими частями манипулятора. Электрические провода должны быть обследованы на предмет наличия повреждений, разрывов или нарушения изоляции.

6.28 Проверка устойчивости робота

6.28.1 При всех условиях технического обслуживания и эксплуатации робота после его установки робот не должен быть неустойчивым до такой степени, что это может привести к травмированию операторов или обслуживающего персонала.

6.28.2 Робот не должен опрокидываться при наклоне на 10° от вертикального положения.

6.28.3 Требование из 6.28.2 предъявляется ко всем свободно стоящим роботам, т. е. к роботам, стоящим на полу и не предназначенным для закрепления на другом оборудовании, на полу или на других частях помещения.

6.29 Проверка подъема и погрузки на транспортное средство

6.29.1 Рым-болты и подобные средства, установленные на корпусе системы управления или на роботе и предназначенные для подъема или транспортировки робота, должны быть проверены приложением усилия, равного их двукратной максимальной нагрузке, в течение 5 мин. При этом не должно возникать деформации или повреждения ни самих средств для подъема и крепления, ни корпуса, на котором они установлены.

6.30 Проверка установочных средств

6.30.1 Оборудование, имеющее массу более 2,3 кг, для установки которого требуются специальные установочные средства, помимо собственного корпуса, должно быть подвергнуто испытаниям в том случае, если неисправность или поломка установочных средств может привести к риску травмирования людей. Испытание заключается в воздействии на оборудование усилия, указанного в 6.30.2, в течение 1 мин., после чего не должно быть выявлено никакого смещения установочных средств или явных повреждений оборудования.

6.30.2 К роботу и другому оборудованию, установленному в соответствии с инструкциями предприятия-изготовителя, должно быть приложено усилие, равное трехкратному весу оборудования, но не менее 90 Н. Усилие прикладывается в точке, расположенной приблизительно в центре тяжести оборудования. Прикладываемое усилие должно увеличиваться постепенно и достигнуть требуемого значения в течение 5—10 с, а затем поддерживаться в течение 1 мин.

Примечание — Для робота прикладываемое усилие должно в 1,5 раза превышать вес самого робота. При этом манипулятор должен быть полностью вытянут и держать груз, соответствующий его максимальной грузоподъемности.

6.31 Проверка элементов, находящихся под давлением

6.31.1 Детали или узлы, которые подвергаются воздействию давления воздуха или пара, включая давление пара в емкостях, содержащих только перегретую жидкость, при нормальной или аварийной работе, должны выдерживать максимальное из подходящих значений давления, указанных ниже:

а) в пять раз превышающее максимальное значение настройки редукционного клапана, являющегося частью узла, но не более чем в пять раз превышающее максимальное давление, подаваемое в питающую сеть от внешнего источника, и не более чем в пять раз превышающее давление, на которое настроено перепускное устройство, являющееся частью узла;

б) в пять раз превышающее максимальное давление, подаваемое в питающую сеть от внешнего источника, если только давление не ограничено перепускным устройством в соответствии с а);

в) в пять раз превышающее давление настройки перепускного устройства;

г) в пять раз превышающее максимальное давление, которое может быть выработано воздушным компрессором, входящим в состав узла, если только давление не ограничено перепускным устройством в соответствии с а);

д) в пять раз превышающее рабочее давление, указанное на данном узле.

Примечания

1 Трубопровод подачи давления, состоящий из цельной трубы или из отрезков труб, жестко соединенных с помощью пайки твердым припоем или сварки, должен иметь толщину стенок труб не менее значения, указанного в таблице 21.

2 Гибкие неметаллические детали или узлы, которые подвержены воздействию давления воздуха, например шланг для подачи сжатого воздуха, которые целиком расположены внутри корпуса или надежно закреплены по всей длине, могут не подвергаться данной проверке, если может быть установлено, что утечки или разрывы не создают опасной ситуации.

Таблица 21 — Толщина стенок для медных и стальных труб

Внешний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Максимальное манометрическое давление, которому подвергается трубопровод из:		
		медных труб без швов, МПа	стальных труб, сваренных встык, МПа	стальных труб без швов, МПа
≤ 9,5	0,40	3,45	4,14	6,90
12,5	0,40	2,76	3,31	5,52
16,0	0,40	2,21	2,65	4,42
16,0	0,55	2,90	3,48	5,80
19,0	0,55	2,48	2,98	4,97
19,0	0,65	2,90	3,48	5,80
25,5	0,55	1,79	2,15	3,59
25,5	0,65	2,21	2,65	4,42

6.31.2 Если проверка необходима для того, чтобы определить соответствие детали требованиям, установленным в 5.7.1, то два образца данной детали должны быть подвергнуты испытанию гидростатическим давлением. Каждый образец заполняют водой так, чтобы внутри него не оставалось воздуха, и соединяют с гидравлическим насосом. Давление должно подниматься постепенно до заданного значения и поддерживаться на этом значении в течение 1 мин. Результаты испытания считаются неудовлетворительными, если образец разрушится или произойдет утечка воды.

Примечание — Утечка или разрушение неметаллического трубопровода для подачи жидкости и его соединений или уплотнительных прокладок допустимы, если повторные испытания, проведенные с жидкой средой, для которой они предназначены, продемонстрируют отсутствие риска травмирования людей или поражения электрическим током.

6.31.3 Деталь, удерживаемая или приводимая в движение с помощью гидравлики, которая может создать риск травмирования людей из-за потери давления, должна соответствовать требованиям, установленным в 6.31.2, при испытании на давление, равное пятикратному максимальному давлению, развиваемому в системе.

6.32 Проверка устройств для сброса давления

6.32.1 Устройство управления, которое ограничивает давление в емкости с помощью устройства для сброса давления, должно быть подвергнуто испытанию с номинальной нагрузкой, состоящему из 100 000 циклов срабатывания. Испытываемое устройство не должно допускать превышение давления более чем на 90 % от заданной настройки устройства для сброса давления при любых условиях нормальной эксплуатации.

6.33 Проверка корпуса

6.33.1 Эксплуатационные требования к корпусу робота и его системы управления определены внешней средой, в которой должен работать робот, и другими особенностями, например наличием уплотнителей или использованием более тонких материалов, в отличие от установленных в таблице 1 или 2.

6.33.2 Корпус должен быть подвергнут испытаниям по ГОСТ 14254 или ГОСТ Р 50827 в соответствии с указанной в документации степенью защиты.

6.33.3 Внешнее оборудование, например рукоятка отключения робота, диагностическая аппаратура или средства для возврата в исходное состояние, установленное на корпусе или выведенное через корпус, должно выдерживать испытания, установленные в ГОСТ 14254 или ГОСТ Р 50827.

6.34 Проверка нагрузки на горизонтальную поверхность

6.34.1 Корпус электротехнического оборудования, имеющий площадь горизонтальной поверхности не менее 930 см^2, минимальный линейный размер горизонтальной поверхности не менее 150 мм в любом измерении, свободно стоящий на высоте не более 915 мм от пола или опорной поверхности, должен соответствовать требованиям, установленным в 6.34.2—6.34.3.

Примечание — Данное требование не относится к корпусам электротехнического оборудования, установленным на стене на высоте более 915 мм.

6.34.2 К наименее устойчивому месту горизонтальной поверхности должно быть приложено усилие в 900 Н через контактную квадратную площадку со стороной 300 мм в течение 1 мин.

6.34.3 Во время или после приложения усилия, указанного в 6.34.2, в корпусе электротехнического оборудования не должно быть обнаружено ни одной из следующих неисправностей:

- уменьшение любых расстояний ниже минимально допустимых значений, установленных в 4.22;
- появление возможностей доступа к оголенным токоведущим частям или внутренней электропроводке, указанных в 4.6;
- создание любых других условий, повышающих вероятность поражения электрическим током и/или возгорания при эксплуатации оборудования.

6.35 Проверка уплотнений

6.35.1 В случае необходимости должны быть выполнены специальные проверки уплотнительных средств в соответствии с ГОСТ 14254 или ГОСТ Р 50827.

6.36 Проверка ударопрочности стеклянных вставок

6.36.1 В соответствии с 4.2.5.4 стекло, закрывающее окно площадью более 930 см^2, должно выдерживать воздействие усилия, указанного в 6.36.2, без растрескивания или разбития так, чтобы кусок стекла не мог выпасть или быть вынут из своего нормального положения.

6.36.2 Стекло должно выдерживать импульс с энергией 3,4 Дж, создаваемый шаром диаметром 50 мм и весом 535 г.

6.37 Проверка крепления откидных крышек

6.37.1 Откидная крышка, которая является частью корпуса, обеспечивающая доступ к неизолированным токоведущим частям и не закрепленная с помощью крепежа, требующего использования инструмента, не должна иметь явного средства для ее открытия, такого как выдвижное ушко, и должна соответствовать следующим требованиям:

а) крышка, которая может быть отделена от корпуса с помощью вдавливающего усилия одной руки, не должна открываться, если вдавливающее усилие не более 62 Н прикладывается к любым двум точкам, расположенным не ближе 120 мм друг от друга. Данное расстояние должно быть измерено с помощью ленты, плотно натянутой над той частью поверхности крышки, которая может быть накрыта ладонью руки;

б) крышка не должна отделяться от корпуса при приложении вытягивающего усилия в 62 Н, прикладываемого при взятии руками крышки в двух любых удобных местах;

в) крышка не должна отделяться от корпуса при однократном воздействии ударной силы с энергией 1,4 Дж, приложенной к доступной поверхности крышки. Данная ударная сила наносится с помощью стального шара диаметром не менее 50 мм.

6.37.2 Испытания, указанные в 6.37.1 а) и б), должны проводиться в том состоянии оборудования, в котором оно было поставлено, и после того, как крышка была вынута и вставлена не менее 10 раз.

6.38 Проверка крепления колес или роликов

6.38.1 Колеса или ролики должны выдерживать тянущее усилие в 22 Н в соответствии с 6.38.2 без повреждений или выпадения из фиксирующего устройства.

6.38.2 Тянущее усилие должно быть приложено за счет веса или равномерной тяги в течение 1 мин. в любом направлении, обеспечиваемом конструкцией.

6.39 Анализ компонентов

6.39.1 Общие положения

6.39.1.1 Исследование на основе анализа компонентов должно учитывать требования, установленные в данном подразделе, при проверке оборудования робота, имеющего цепи защиты, связанные с обеспечением безопасности.

Пример — К цепям защиты, связанным с обеспечением безопасности, относятся, в частности, следующие:

- цепи снижения скорости в режиме обучения;

- цепи защиты, автоматически останавливающие робота при срабатывании защитного ограждения или датчиков присутствия людей в рабочем пространстве робота;

- цепи, контролирующие заданные ограничения диапазонов перемещения степеней подвижности манипулятора;

- цепи, контролирующие рабочий орган робота, например, захватное устройство;

- цепи, в которых отказы одномодовых элементов вызывают риск опасного перегрева, возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей.

6.39.1.2 Кроме того, если предусмотрено или особо рекомендовано обратить особое внимание на рабочий орган робота, то необходимо учесть возможность отключения или изменения электрического, гидравлического, пневматического или вакуумного питания.

6.39.1.3 При исследовании цепей защиты, связанных с обеспечением безопасности, необходимо обратить внимание, в зависимости от структуры и выполняемой функции цепи, на необходимость дополнительной проверки резервирования и использования разных принципов функционирования, рассмотренных в 5.9.6.2 и 5.9.6.3. Анализ связанного с безопасностью программного обеспечения представлен в 6.40.

6.39.2 Программа оценки

6.39.2.1 Общие положения

Программа состоит из двух частей (группа тестов 1 и группа тестов 2), необходимых для оценки электронных компонентов или цепей.

6.39.2.2 Группа тестов 1

Анализ отказов и формирование таблицы видов и последствий отказов должны быть произведены для всех компонентов в соответствии с ГОСТ Р 51901.12 для того, чтобы идентифицировать критические компоненты, то есть те компоненты, отказ которых может вызвать риск возгорания, поражения электрическим током или травмирования людей. Если при проверке выявлено, что отказ электронного компонента или цепи вызывает допустимое отключение питания или не оказывает существенного влияния на эксплуатационные характеристики системы, то группу тестов 2 можно не проводить.

Информация о видах и последствиях отказов, которая должна быть предоставлена предприятием-изготовителем, может быть представлена в форме таблицы 22.

Таблица 22 — Информация о видах и последствиях отказов

Наименование изготовителя, номер по каталогу и паспортные данные[2)]			Готовое изделие или система				
Наименование компонента[1)]	Изготовитель и номер по каталогу	Температурные и электрические характеристики	Обозначение на схеме[3)]	Функция[4)]	Вид отказа[5)]	Последствие отказа[6)]	Температурное и электрическое воздействие[7)]
[1)] Наименование компонента указывают для каждого электронного компонента в исследуемой цепи. [2)] Должно быть указано для каждого компонента. [3)] Обозначение на схеме: каждый компонент должен быть обозначен как Q1, C1 или подобным образом. [4)] Функция должна быть описана для каждого компонента. [5)] Вид отказа: включает катастрофические отказы при открывании или коротком замыкании каждого критического компонента. Для устройств с несколькими точками соединения с внешними устройствами в таблицу должны быть включены возможные отказы по всем точкам. [6)] Результат отказа: должно быть указано воздействие на систему в результате отказа данного компонента. [7)] Уровни температурного и электрического воздействия должны быть указаны в процентах от номинальных значений, указанных изготовителем. Напряжение в узлах для всех нормальных режимов работы должно быть указано на принципиальной схеме. Это помогает при верификации уровней воздействия отдельных компонентов.							

6.39.2.3 Группа тестов 2

В случае необходимости анализ компонентов должен также предусматривать выполнение группы тестов 2, позволяющих оценить стойкость электронного компонента или цепи к внешним воздействиям. Данные испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 30630.0, ГОСТ 30630.1 и ГОСТ 30630.2. Условия

проведения испытаний могут быть изменены в зависимости от назначения и области применения робота. После испытаний на стойкость к внешним воздействиям робот должен функционировать в соответствии со своим назначением.

6.40 Анализ программного обеспечения, связанного с безопасностью

6.40.1 Анализ рисков иерархической структуры управляющих цепей в системе управления роботом должен быть выполнен для того, чтобы определить, может ли одна ошибка при программировании или выполнении функций обеспечения безопасности привести к возгоранию, поражению электрическим током или травмированию людей. Для оценки влияния одиночного сбоя на безопасность должна быть собрана информация о цепях защиты, связанных с обеспечением безопасности, таких как управление роботом из одной точки, снижение скорости робота в режиме обучения, контроль заданных ограничений диапазонов перемещения, определение присутствия людей в рабочем пространстве робота и другие. Связанные с безопасностью функции, реализуемые с помощью программного обеспечения, ошибка которого может привести к возгоранию, поражению электрическим током или травмированию людей, должны быть проанализированы и оценены.

7 Производственные испытания

7.1 Проверка напряжения пробоя диэлектрика на производственной линии

7.1.1 Любой робот и его система управления, предназначенные для подключения к электрической сети с напряжением 220 В или выше, должны выдерживать без электрического пробоя напряжение переменного тока частотой 40—70 Гц или напряжение постоянного тока между первичными цепями, включая подключенные к ним узлы, и доступными нетоковедущими металлическими частями, которые могут оказаться под напряжением.

7.1.2 Проверка напряжения пробоя на производственной линии должна быть выполнена в соответствии с условиями 1 или 2, указанными в таблице 23.

7.1.3 Тестовое напряжение может постепенно увеличиваться до требуемого значения, которое должно поддерживаться в течение 1 с или 1 мин, в зависимости от применяемых условий тестирования.

7.1.4 В процессе проверки температура робота и его системы управления может соответствовать номинальной рабочей температуре, комнатной температуре или любому промежуточному значению температуры.

Таблица 23 — Условия для проведения проверки на производственной линии

Номинальное напряжение, В	Условия 1			Условия 2		
	Напряжение переменного тока, В	Напряжение постоянного тока, В	Длительность, с	Напряжение переменного тока, В	Напряжение постоянного тока, В	Длительность, с
≤ 250	100 + 2U*	1400	60	1200 + 2U*	1700	1
> 250	1000 + 2U*	1400 + 2,8U*	60	1200 + 2,4U*	1700 + 3,4U*	1
* U — максимально допустимое напряжение.						

7.1.5 Проверка должна проводиться при полностью собранном роботе. Не допускается, чтобы робот для проверки был модифицирован, разобран или с него была снята часть электропроводки.

Примечания

1 Такие детали, как защелкивающаяся крышка или рукоятка на скользящей посадке, которые могут мешать проведению проверки, должны быть сняты.

2 Проверка может быть выполнена до окончательной сборки робота, если ее проводят на готовых узлах робота. Любой не затронутый проверкой узел не должен влиять на результаты определения возможного риска поражения электрическим током в результате неправильного подключения, наличия дефектного компонента, недостаточных расстояний и т. п.

7.1.6 Твердотельные и аналогичные компоненты, которые могут быть повреждены из-за побочных эффектов (наведенного броска напряжения, чрезмерного нагрева и т. п.) при проверке, могут быть

зашунтированы с помощью временных электрических перемычек или проверка может проводиться при отключении данных компонентов.

7.1.7 Испытательное оборудование должно иметь средства для индикации тестового напряжения, звукового или визуального оповещения об электрическом пробое и (для автоматизированных или автоматических производственных линий) ручного сброса для восстановления оборудования после электрического пробоя или автоматического удаления любого непригодного узла. Если прикладывается тестовое напряжение переменного тока, то в составе испытательного оборудования должен быть трансформатор с выходным напряжением правильной синусоидальной формы.

7.1.8 Если испытательное оборудование настроено на подачу заданного напряжения, параллельно выходу которого подключено сопротивление в 120 000 Ом, то испытательное оборудование должно индицировать недопустимое значение напряжения в течение 0,5 с. Сопротивление более 120 000 Ом может быть использовано для обеспечения индикации недопустимого значения напряжения, если изготовитель решает использовать тестер, имеющий более высокую чувствительность.

7.1.9 Если номинальная выходная мощность испытательного оборудования менее 500 В·А, то в его выходную цепь должен быть включен вольтметр, чтобы непосредственно показывать подаваемое тестовое напряжение.

7.1.10 Если номинальная выходная мощность испытательного оборудования составляет 500 В·А или больше, то индикация тестового напряжения может быть обеспечена следующими способами:

- с помощью вольтметра, подключенного к первичной цепи или к цепи третичной обмотки;
- посредством селекторного переключателя, имеющего положение для индикации тестового напряжения;
- путем отметки, указывающей на тестовое напряжение, на хорошо видимом месте — для оборудования, имеющего единственное значение тестового напряжения.

Если для индикации напряжения не используется вольтметр, то в состав испытательного оборудования должны входить визуальные средства, например индикаторная лампочка, показывающие, что на выходе испытательного оборудования присутствует тестовое напряжение.

7.1.11 Может быть использовано испытательное оборудование, отличающееся от указанного в 7.1.7—7.1.10, если имеется подтверждение того, что оно может быть использовано для проведения производственных испытаний.

7.1.12 В процессе тестирования должны быть проверены все части первичной цепи.

7.2 Проверка непрерывности заземления на производственной линии

7.2.1 Любой робот или часть оборудования робота, оснащенные кабелем питания, должны быть проверены с целью определить наличие непрерывного заземления между заземляющим контактом штепсельной вилки и доступными нетоковедущими металлическими частями, которые могут оказаться под напряжением.

7.2.2 Если данная доступная металлическая часть имеет токопроводящие соединения со всеми другими доступными металлическими частями, то достаточно провести только одно измерение.

7.2.3 Любое индикаторное устройство (например, омметр, комбинация батареи и зуммера) может быть использовано для определения соответствия требованию непрерывности заземления.

7.3 Проверка непрерывности заземления при производственных испытаниях

7.3.1 Оборудование робота, оснащенное штепсельной вилкой, должно иметь постоянную электрическую связь между заземляющим контактом штепсельной вилки и всеми доступными частями. Наличие данной связи должно проверяться при проведении производственных испытаний визуально или с помощью проверки электропроводности.

8 Номинальные характеристики

8.1 Общие положения

8.1.1 Оборудование робота должно иметь номинальные характеристики по напряжению, фазе, частоте, току при полной нагрузке (максимальный ток шунтирующих устройств и устройств защитного заземления) самого мощного двигателя или нагрузки и устройства защиты робота от перегрузки по току (при его наличии).

8.1.2 Значение тока при полной нагрузке, указанное на паспортной табличке, не должно быть меньше суммы токов при полной нагрузке всех двигателей и другого оборудования, которые могут рабо-

тать одновременно при нормальных условиях эксплуатации. Если предполагается присутствие нагрузки необычного типа или нестандартных рабочих циклов, для которых требуются очень большие токи, то необходимая допустимая токовая нагрузка должна быть указана на паспортной табличке в графе «Ток при полной нагрузке».

8.1.3 Если робот и его оборудование имеют несколько входных цепей питания, то на паспортной табличке должна быть указана приведенная выше информация для каждой цепи питания. Для всех выходных цепей также должны быть установлены номинальные характеристики, указанные в 8.1.1.

9 Маркировка

9.1 Общие положения

9.1.1 На роботе должны быть разборчиво и прочно нанесены:

- наименование предприятия-изготовителя, торговая марка или другое обозначение, с помощью которых предприятие, отвечающее за данный робот, может быть идентифицировано;
- дата изготовления;
- номер модели или эквивалентные данные;
- электрические характеристики.

9.1.2 Сведения, необходимые для правильной эксплуатации робота, обозначение цепей аварийной защиты, включая кнопку аварийной остановки и выводов датчиков, связанных с обеспечением безопасности, идентификация режима работы робота, настроек органов управления, правильного установочного положения и т. п. данные должны быть надежно нанесены на оборудование.

Примечание — Робот, который должен быть установлен в определенном положении для того, чтобы правильно функционировать, может иметь указания для установки, либо нанесенные на оборудование, либо приведенные в инструкции по эксплуатации, поставляемой с оборудованием.

9.1.3 Если несколько индикаторных ламп поставляются для роботизированного модуля в качестве дополнительного оборудования для того, чтобы обеспечить идентификацию режимов работы системы обеспечения безопасности робота, то следует использовать лампы разного цвета. Кроме того, на хорошо видимом для оператора месте должно быть дано краткое пояснение, касающееся режимов, которым соответствуют цвета и состояния (например, непрерывный или мигающий свет) индикаторных ламп.

9.1.4 Если производитель изготавливает робота на нескольких заводах, то каждый отдельно изготавливаемый узел робота должен иметь соответствующую маркировку, по которой он может быть идентифицирован как изделие конкретного завода.

9.1.5 Вся необходимая маркировка должна постоянно присутствовать на роботе, быть четкой и хорошо видимой, за исключением случаев, указанных в 9.1.6. Нанесенная маркировка, предназначенная для отдельных фаз работы с роботом (установки, эксплуатации или диагностирования), должна быть видимой при выполнении соответствующих работ. Предупреждающая маркировка или маркировка, отражающая особые условия или ограничения эксплуатации робота, должна быть видна постоянно.

9.1.6 Маркировка, не являющаяся предостерегающей, не обязательно должна быть расположена снаружи корпуса робототехнического оборудования, но она должна быть хорошо видна при открывании или снятии крышек на корпусе. Маркировка, не видимая без снятой крышки, допустима только в том случае, если снятию данной крышки не будет мешать электропроводка и если она будет видна во время проведения соответствующих работ.

9.1.7 Если не указано иное, имеющаяся маркировка должна быть литой, штампованной, нанесенной краской по трафарету, штампованной или вытравленной на надежно закрепленной металлической пластине или несмываемо напечатана на этикетке, закрепленной с помощью клея. Обычная эксплуатация, погрузо-разгрузочные работы и хранение робота и его оборудования должны учитываться при определении долговечности маркировки.

9.1.8 Если робот предназначен для эксплуатации только при наличии пульта дистанционного управления или другой отдельно расположенной части робота или его системы управления, то каждая из отдельно расположенных частей должна иметь надлежащую маркировку. Расположение маркировки должно соответствовать требованиям, установленным в 9.1.5—9.1.7.

9.1.9 Каждый элемент, расположенный на пульте управления, например кнопка, световая индикация, переключатель и т. п., должен быть снабжен обозначением его функции, нанесенным на данный элемент или рядом с ним.

9.1.10 На устройстве управления должен быть указан максимальный ток защитного устройства цепи управления, соответствующий сечению проводника цепи управления в соответствии с таблицей 8.

9.1.11 В соответствии с требованиями, установленными в 4.23.1 и 4.23.2, рядом с держателем дополнительного плавкого предохранителя должна быть нанесена маркировка с указанием напряжения и тока предохранителя; на маркировке должно быть указано обозначение предохранителя, но может быть также добавлено «или аналог». Рядом с держателем предохранителя выходной цепи должна быть нанесена маркировка с указанием максимального размера предохранителя для данного держателя, ток которого больше тока, указанного в таблице 8.

9.1.12 В соответствии с требованием, установленным в 4.23.3, контроллер должен иметь маркировку с указанием максимальных значений напряжения и тока для устройства токовой защиты выходной цепи, соответствующих сечению внутренних проводников.

9.1.13 Для откидной крышки маркировка требуется в том случае, если она не соответствует требованиям, установленным в 4.2.4.2—4.2.4.5, и все токоведущие части не защищены в соответствии с 5.9.1.5. Рядом с рукояткой, грибовидной головкой или другим органом ручного управления должна быть нанесена маркировка с руководством по их использованию.

9.2 Электропроводка

9.2.1 Выводы электропроводки должны иметь маркировку для правильного подключения питания, нагрузки, цепи управления и других потребителей, либо схема соединений выводов электропроводки должна быть надежно закреплена на оборудовании робота.

Примечания

1 Выводы не обязательно должны иметь маркировку, если соединение проводников вполне очевидно, например, как в переключающем устройстве с двумя выводами.

2 Схема соединений с несколькими вариантами компоновки может быть не прикреплена к оборудованию и поставлена отдельно, если на паспортной табличке или другом постоянно прикрепленном носителе, видимом после установки робота, приведена ссылка на нужную схему соединений, например, ее номер. Для оборудования бескорпусного типа схема соединений может быть поставлена отдельно от оборудования.

9.2.2 Оконечный элемент для подключения заземленного проводника должен быть выделен с помощью металлизированного покрытия белого цвета и должен быть легко отличим от других оконечных элементов, либо обозначение оконечного элемента для подключения заземленного проводника должно быть ясно выражено каким-либо другим способом, например, на прилагаемой схеме соединений. Если вместе с роботом поставляются соединительные провода, то провод, предназначенный для заземления, должен быть белого или серого цвета и должен легко отличаться от других проводов.

9.2.3 Один оконечный элемент белого цвета в устройствах, не являющихся однополюсными, недопустим для подключения незаземляющего проводника, но два или более оконечных элементов могут быть белого цвета в том случае, если:

- безразлично, как выполняются подключения проводников;
- вполне очевидно, какой оконечный элемент предназначен для подключения заземленного проводника;
- подключение проводников четко указано на схеме соединений.

9.2.4 Если низковольтное оборудование робота (или его низковольтная часть) предназначено для подключения при установке внешними проводами так, что оно становится частью цепи класса защиты I или II, соединенной с цепью класса защиты I, то оконечные элементы оборудования или части оборудования робота должны иметь надлежащую маркировку.

9.2.5 Низковольтное коммутационное или энергопотребляющее оборудование робота (или его низковольтная часть), предназначенное для подключения при установке внешними проводами так, что оно становится частью цепи только класса защиты II, должно иметь надлежащую маркировку. Но низковольтный блок питания, в составе которого есть трансформатор, не обязательно должен иметь маркировку, указывающую на то, что данный блок разрешен к применению только в цепях класса защиты II.

Примечание — Для низковольтного оборудования робота (или его низковольтной части), пригодного для подключения к цепям как класса защиты I, так и класса защиты II, нанесение маркировки не требуется.

9.2.6 Оборудование робота, имеющее в своем составе две или более цепи класса защиты II, должно иметь маркировку в соответствии с 9.4.11.

9.2.7 Оборудование робота, имеющее в своем составе две или более отдельных цепей, которые могут быть подключены к отдельным источникам питания, но подключаются к общему источнику питания, должно иметь следующую (или эквивалентную) маркировку: «Все цепи должны иметь общий разрыватель цепи и быть подключены к одному контакту данного разрывателя». На схеме соединений оборудования должно быть показано типичное подключение отдельных цепей к общему источнику питания.

9.2.8 Оборудование робота, имеющее в своем составе специальные соединительные элементы для подключения к конкретной системе электропроводки, должно иметь маркировку, указывающую, что данное оборудование должно устанавливаться с данной системой электропроводки.

9.2.9 Оборудование робота, предназначенное для установки только с системой электропроводки, не имеющей металлической оболочки, должно иметь маркировку, указывающую, что данное оборудование должно устанавливаться с данной системой электропроводки.

9.2.10 Оборудование робота, имеющее оконечные элементы для подключения внешних проводников, должно иметь следующую маркировку:

- «Использовать только алюминиевые проводники», если оконечные элементы предназначены для подключения только алюминиевых проводников;
- «Использовать медные или алюминиевые проводники» или «Использовать медные, плакированные медью алюминиевые или алюминиевые проводники», если оконечные элементы предназначены для подключения медных или алюминиевых проводников;
- «Использовать медные или плакированные медью алюминиевые проводники», если оконечные элементы предназначены для подключения медных и плакированных медью алюминиевых проводников.

9.2.11 Маркировки, определенные в 9.2.10, могут быть сокращены для оборудования робота, предназначенного для установки в монтажной коробке размером не более 100 × 100 мм, следующим образом:

- монтажная коробка, оконечные элементы которой предназначены для подключения только алюминиевых проводников, должна иметь маркировку «AL»;
- монтажная коробка, оконечные элементы которой предназначены для подключения алюминиевых, плакированных медью алюминиевых и медных проводников, должна иметь маркировку «AL-CU» или «CU-AL»;
- монтажная коробка, оконечные элементы которой предназначены для подключения плакированных медью алюминиевых и медных проводников, должна иметь маркировку «CC-CU» или «CU-CC».

9.2.12 Оборудование робота, имеющее разъем для подключения внешней электропроводки, указанный в 4.9.1.7, примечание 2, должно иметь маркировку, информирующую о том, что данный разъем предназначен для подключения внешней электропроводки.

9.2.13 Клемма электропроводки, не предназначенная для подключения проводника, имеющего сечение на один размер больше, чем установлено в 4.9.2.2, должна иметь маркировку, указывающую на необходимость подключения к ней проводника меньшего сечения.

9.2.14 Прижимной соединитель проводника, предназначенного для заземления оборудования, должен быть обозначен с помощью:

- маркировки «G», «GR», «GND», «Ground», «Grounding», «Земля», «Заземление» и т. п.;
- обозначения на схеме соединений, прикрепленной к оборудованию;
- символа ⏚, нанесенного на данный соединитель, или рядом с ним, либо на схему соединений, прикрепленную к оборудованию (см. 9.2.15).

9.2.15 Если для обозначения прижимного соединителя используется символ ⏚, то он должен быть определен в руководстве по установке робота.

Примечание — Если символ ⏚ используется совместно с другими обозначениями, определенными в 9.2.14, то в руководстве по установке робота он может быть не определен.

9.2.16 Контроллер может иметь маркировку, показывающую его подключение к другому оборудованию в соответствии с требованиями разделения цепей, установленными в 4.26.

9.3 Повышенная температура окружающей среды

9.3.1 Оборудование робота, предназначенное для эксплуатации в условиях повышенной температуры окружающей среды, в соответствии с 6.3.8 и таблицей 19 должно иметь маркировку, указывающую на максимально допустимую температуру окружающей среды.

9.3.2 Если в соответствии с таблицей 19 температура внутри монтажной коробки или корпуса, в котором находятся блоки управления или проводники, предназначенные для подключения питания, достигает температуры выше 60 °С, то оборудование робота должно иметь следующую (или эквивалентную) маркировку: «Для подключения питания использовать проводники с сечением не менее _____ мм^2, рассчитанные на температуру не менее ___ °С». Указанное на маркировке сечение проводников должно соответствовать сечению проводников, использованных при проведении температурных испытаний, а значение температуры определяется в соответствии с таблицей 24. Сечение проводника не указывают, если при проведении испытаний использовался проводник с сечением 2,0 мм^2. Маркировка должна быть четкой и расположена так, чтобы ее было хорошо видно во время монтажа и проверки подключения питания.

Таблица 24 — Маркировка монтажной коробки

Температура, зафиксированная при испытаниях внутри монтажной коробки, корпуса или на проводниках, предназначенных для подачи питания	Температура, указываемая на маркировке
От 60 до 75 °С От 76 до 90 °С	75 °С 90 °С

Примечание — Если место подключения питания расположена таким образом, что проводники подачи питания могут быть расположены и обслуживаться на удалении от частей оборудования робота, работающих при температуре выше 60 °С, то маркировку, хорошо видимую во время монтажа и проверки подключения питания, можно использовать для того, чтобы обозначить зону, в которой проводники питания и места соединений должны быть расположены после завершения монтажа.

9.4 Предупреждающие надписи

9.4.1 Предупреждающие надписи должны располагаться на частях робота, которые не могут быть удалены без ущерба для функционирования или внешнего вида робота и его оборудования.

9.4.2 Предупреждающая надпись должна начинаться с сигнального слова «ВНИМАНИЕ», «ОСТОРОЖНО», «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ», «CAUTION» или «WARNING», буквы которых имеют высоту не менее 3,0 мм. Высота букв остальной предупреждающей надписи, если иное не предусмотрено отдельными требованиями к маркировке, должна быть не менее 1,5 мм.

9.4.3 Буквы литой или штампованной предупреждающей надписи должны быть заглублены или выступать относительно поверхности не менее чем на 0,5 мм. Если буквы сигнального слова выступают относительно поверхности, то буквы остальной предупреждающей надписи должны быть заглублены относительно нее. Если буквы сигнального слова заглублены относительно поверхности, то буквы остальной предупреждающей надписи должны выступать относительно нее.

9.4.4 Предупреждающая надпись, содержащая инструкции для оператора, должна быть четкой и хорошо видимой оператором в процессе нормальной эксплуатации робота. Предупреждающие надписи, содержащие инструкции по техническому обслуживанию оборудования, должны быть четкими и хорошо видимыми при выполнении работ по техническому обслуживанию.

9.4.5 Если корпус оборудования обеспечивает защиту пользователя от риска поражения электрическим током, то по крайней мере на одной поверхности корпуса, через которую пользователь может получить доступ к расположенным внутри токоведущим цепям, должен быть нанесен знак «W 08» по ГОСТ Р 12.4.026 (молния со стрелкой внутри равностороннего треугольника на желтом фоне), предупреждающий об опасности поражения электрическим током.

9.4.6 Предупреждающий знак «W 08» должен быть долговечным и соответствовать требованиям, установленным в данном подразделе. Он должен быть либо нанесен непосредственно на оборудование, либо изготовлен с помощью литья или штамповки на поверхности корпуса, для которого он предназначен.

Цвет предупреждающего знака, который наносится на оборудование, должен быть контрастным с цветом окружающей поверхности. Наличие цветового контраста является предпочтительным, но не обязательным требованием для знака, который отливается или штампуется на корпусе, если он соответствует требованиям, установленным в 9.4.3. Равносторонний треугольник предупреждающего знака должен иметь высоту не менее 10 мм. Компоновка и относительные размеры элементов знака должны соответствовать ГОСТ Р 12.4.026.

9.4.7 Если для полного отключения питания от оборудования необходимо задействовать более одного выключателя, то на данном оборудовании должна быть нанесена следующая предупреждающая маркировка (или ее эквивалент): «ВНИМАНИЕ! Опасность поражения электрическим током! Необходимо отключить несколько выключателей, чтобы обесточить оборудование для технического обслуживания».

9.4.8 Маркировка, определенная в 9.4.7, должна постоянно находиться на внешней поверхности оборудования робота или на закрепленной несъемной части внутри него. Нанесение предупреждающей маркировки на внутреннюю поверхность съемной крышки или на схему соединений, расположенную на внутренней поверхности крышки, не допускается.

9.4.9 Токоведущий радиатор или другой элемент, к которому есть доступ, но который по ошибке может быть принят за обесточенный металлический объект, должен иметь следующую предупреждающую маркировку (или ее эквивалент): «ВНИМАНИЕ! Опасность поражения электрическим током! Радиатор (или наименование типа другого элемента) находится под напряжением. Отключить электропитание перед техобслуживанием». Маркировка должна быть расположена на токоведущих частях таким образом, чтобы предупреждение о риске поражения электрическим током было понято до того, как до данного элемента можно дотронуться. Если пространство не позволяет нанести маркировку на токоведущий элемент, то необходимо найти для нее другое подходящее место.

9.4.10 К маркировке, определенной в 4.2.5.2.1 предъявляются следующие требования:

- маркировка должна быть расположена там, где она видна во время установки оборудования, например, внутри съемной крышки;

- маркировка должна включать, например, следующие надписи (или их эквиваленты): «ВНИМАНИЕ! Соединение между кабелепроводами не осуществляется автоматически, а должно быть выполнено при установке оборудования» или «ВНИМАНИЕ! Неметаллический корпус не обеспечивает заземление между кабелепроводами, следует использовать заземляющие переходники и перемычки».

9.4.11 Оборудование робота, определенное в 9.2.6, должно иметь следующую маркировку (или ее эквивалент): «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ! Не соединять между собой выходы разных цепей класса защиты II, чтобы снизить риск возгорания или поражения электрическим током».

9.4.12 Оборудование робота, соответствующее требованиям контролируемой среды в 4.24.5—4.24.8, должно иметь следующую маркировку (или ее эквивалент): «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ! Устанавливать в очищенной от загрязнений контролируемой внешней среде, чтобы снизить риск возгорания или поражения электрическим током».

Примечание — Для оборудования, которое по своей конструкции должно обеспечивать необходимую степень защиты от загрязнения внешней среды с помощью плотно прилегающего корпуса или системы фильтров, наличие данной маркировки не требуется.

9.4.13 Предупреждающая надпись должна быть нанесена вблизи рукоятки отключения питания, если данная рукоятка, сблокированная с дверцей в корпусе оборудования, не обесточивает все доступные токоведущие части при переводе ее в положение «ВЫКЛЮЧЕНО».

9.4.14 Если для отключения питания используется штепсельная вилка, то предупреждающая надпись о том, что перед открытием дверцы или крышки необходимо вынуть вилку из розетки, должна быть нанесена на дверцу или крышку корпуса системы управления.

9.4.15 Детали, подвергаемые воздействию давления, должны иметь маркировку в соответствии с ГОСТ Р 52630 и ГОСТ Р 52760.

10 Инструкции

10.1 Инструкции предприятия-изготовителя

10.1.1 Предприятие-изготовитель должно поставить вместе с роботом инструкции или руководства по установке робота (подъем оборудования и меры предосторожности, монтаж, прокладка и соединение гидравлических и/или пневматических трубопроводов и электрических кабелепроводов, требования к электропитанию, электрические соединения, специальные экологические требования, в том числе касающиеся электромагнитных и радиочастотных помех и электростатического разряда, и т. д.), функциям и расположению органов управления, правилам эксплуатации, технике безопасности, программированию и техническому обслуживанию. Информация, содержащаяся в руководстве по техническому обслуживанию, должна включать:

- процедуры и методы проведения регламентных работ;
- описание мер предосторожности, которые необходимо соблюдать при техническом обслуживании робота;
- перечень всех компонентов, которые с большой долей вероятности придется заменять в процессе эксплуатации робота и которые, по мнению изготовителя, являются критическими в отношении риска возгорания, поражения электрическим током или травмирования персонала, эксплуатирующего и обслуживающего робот. Каждый критический компонент может быть описан или обозначен на принципиальной схеме с помощью цвета, затенения, штриховки, символьного обозначения и т. п.;
- инструкции по установке, поясняющие, как робот должен быть установлен, чтобы избежать проблем, связанных с элементами здания, конструкциями, инженерными сетями, другими машинами и оборудованием, которые могут создавать труднопроходимые и опасные места вблизи робота;
- положение о том, что любой человек, который программирует, обучает, эксплуатирует, обслуживает или ремонтирует робота, должен пройти обучение и продемонстрировать способность безопасно выполнять поставленные задачи;
- положение о том, что если работа робота сопровождается дополнительными звуковыми информационными сигналами, то уровень этих сигналов должен превышать уровень окружающего шума при эксплуатации робота;
- положение о том, что панель управления роботом не должна располагаться внутри рабочего пространства робота;
- положение о том, что если имеется более одной кнопки для аварийного останова робота, то каждая кнопка должна иметь маркировку, определяющую выполняемую ею функцию безопасности, если она не останавливает все движения в роботизированном модуле.

10.1.2 Эксплуатационные характеристики, такие как номинальная грузоподъемность, максимальная грузоподъемность, максимальная скорость, максимальный тормозной путь и время (см. 5.9.2.2 и 5.9.5.5), рабочее пространство робота, способ перемещения каждой степени подвижности робота без подачи питания на привод (см. 5.4.6—5.4.8) и т. д., должны быть указаны в инструкции предприятия-изготовителя. Инструкции по эксплуатации должны описывать, как каждая степень подвижности робота может перемещаться без подачи питания на привод, а также средства, необходимые для отключения тормозов, соленоидов и т. п.

10.1.3 Инструкция предприятия-изготовителя должна описывать меры обеспечения безопасности, периметровые ограждения, датчики обнаружения присутствия людей, обозначение рабочего пространства робота (например, с помощью полос желтого цвета) и другие специализированные меры обеспечения безопасности, препятствующие несанкционированному проникновению людей в рабочее пространство робота.

10.1.4 В инструкциях должны быть определены оконечные элементы, к которым пользователь должен подключить средства блокировки, датчики присутствия людей и другие устройства, позволяющие автоматически остановить движения робота при их срабатывании.

10.1.5 В инструкциях должно быть отмечено, что блокирующее периметровое ограждение рабочего пространства робота должно быть установлено таким образом, чтобы существовала возможность его разблокировки изнутри как при включенном, так и при выключенном питании, если человек может оказаться внутри заблокированного огороженного пространства.

10.1.6 Руководство пользователя должно содержать информацию о размещении индикаторых ламп вне рабочего пространства робота (см. 5.4.1, примечание 3), если робот предназначен для эксплуатации в местах с высоким уровнем загрязнения окружающей среды.

Библиография

[1] ИСО 8373:2012 (ISO 8373:2012) Роботы и робототехнические системы. Словарь (Robots and robotic devices — Vocabulary)

УДК 621.865.8:006.354 ОКС 25.040.30 ОКП 38 8600

Ключевые слова: роботы, робототехнические устройства, безопасность, требования по безопасности, безопасность конструкции, безопасность персонала, проверка обеспечения безопасности, требования к маркировке, требования к инструкциям

Редактор *Д.Е. Титов*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Половой*

Сдано в набор 30.11.2016. Подписано в печать 27.12.2016. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 8,84.

Набрано в ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
www.jurisizdat.ru y-book@mail.ru

Издано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995, Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru