ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 60.1.2.1— 2016/ ИСО 10218-1:2011

Роботы и робототехнические устройства

ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Часть 1

Роботы

(ISO 10218-1:2011, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным бюджетным учреждением «Консультационно-внедренческая фирма в области международной стандартизации и сертификации «Фирма «ИНТЕРСТАНДАРТ» совместно с Федеральным государственным автономным научным учреждением «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК) и ООО «Корпоративные электронные системы» (ООО «КЭЛС-центр») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

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 8 ноября 2016 г. № 1624-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 10218-1:2011 «Роботы и робототехнические устройства. Требования безопасности для промышленных роботов. Часть 1. Роботы» (ISO 10218-1:2011 «Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots», IDT).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ИЗДАНИЕ (сентябрь 2020 г.) с Поправкой (ИУС 7—2017)

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

© ISO, 2011 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2016, 2020

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Идентификация опасностей и общая оценка рисков 6
5 Конструктивные требования и меры защиты 6
5.1 Общие положения 6
5.2 Общие требования 6
5.3 Подвижные элементы управления 7
5.4 Характеристики связанной с безопасностью системы управления (аппаратное и программное обеспечение) 7
5.5 Функции остановки робота 8
5.6 Управление скоростью 10
5.7 Режимы работы 10
5.8 Выносные пульты управления 11
5.9 Управление одновременным движением 13
5.10 Требования к совместному функционированию 13
5.11 Защита в точках сингулярности 14
5.12 Ограничение степеней подвижности 15
5.13 Движения без подачи питания на приводы 16
5.14 Средства для подъема робота 17
5.15 Электрические разъемы 17
6 Верификация и валидация требований безопасности и мер защиты 17
6.1 Общие положения 17
6.2 Методы верификации и валидации 17
6.3 Необходимая верификация и валидация 17
7 Информация по использованию 18
7.1 Общие положения 18
7.2 Руководство пользователя 18
7.3 Маркировка 19
Приложение А (справочное) Список существенных опасностей 20
Приложение В (обязательное) Показатели времени и расстояния остановки 24
Приложение С (справочное) Функциональные характеристики трехпозиционного деблокирующего устройства 26
Приложение D (справочное) Дополнительные возможности 27
Приложение Е (справочное) Маркировка 28
Приложение F (обязательное) Средства верификации требований и мер обеспечения безопасности 29
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 40
Библиография 41

Введение

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

Стандарты комплекса ГОСТ Р 60 представляют собой совокупность отдельно издаваемых стандартов. Стандарты данного комплекса относятся к одной из следующих тематических групп: «Общие положения, основные понятия, термины и определения», «Технические и эксплуатационные характеристики», «Безопасность», «Виды и методы испытаний», «Механические интерфейсы», «Электрические интерфейсы», «Коммуникационные интерфейсы», «Методы 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 всех промышленных роботов и робототехнические устройства. Он идентичен международному стандарту ИСО 10218-1:2011, разработанному подкомитетом (SC) 2 «Роботы и робототехнические устройства» Технического комитета (ТС) 184 ИСО «Системы автоматизации и их интеграция».

Примечание — С 1 января 2016 года ISO/TC 184/SC 2 «Роботы и робототехнические устройства» преобразован в ISO/TC 299 «Робототехника».

ИСО 10218 был создан на основании понимания конкретных угроз, которые представляют промышленные роботы и промышленные роботизированные системы.

Настоящий стандарт относится к стандартам типа С в соответствии с ИСО 12100.

Если положения стандарта типа С отличаются от положений стандартов типа А или В, то положения стандарта типа С имеют приоритет над положениями других стандартов для машин и механизмов, которые были разработаны в соответствии с положениями стандарта типа С.

Оборудование, к которому относится настоящий стандарт, а также степень, до которой опасности, опасные ситуации и события в нем учтены, определены в разделе 1 настоящего стандарта.

Опасности, связанные с роботами, общепризнаны, но источники этих опасностей часто являются уникальными для конкретных робототехнических систем. Число и тип (типы) опасности (опасностей) напрямую связаны с сутью процесса автоматизации и сложностью установки. Риски, связанные с этими опасностями, изменяются в зависимости от типа используемого робота и его назначения, а также от методов, используемых при его установке, программировании, функционировании и обслуживании.

Примечание — Не все опасности, установленные в ИСО 10218, относятся ко всем роботам, так же как и степень риска, связанного с данной опасной ситуацией, не одинакова для разных роботов. Следовательно, требования безопасности, или меры защиты, или оба эти фактора могут отличаться от того, что определено в ИСО 10218. Для определения того, какие меры защиты должны быть применены, может быть проведена общая оценка рисков.

Учитывая различную природу опасностей для разных применений промышленных роботов, ИСО 10218 разделен на две части. Настоящий стандарт обеспечивает руководство по обеспечению безопасности при проектировании и построении робота. Поскольку на безопасность применения промышленных роботов влияет проектирование и реализация интеграции конкретных робототехнических систем, ИСО 10218-2 обеспечивает руководство по обеспечению безопасности персонала при интеграции, установке, функциональном тестировании, программировании, функционировании, техническом обслуживании и ремонте роботов.

Настоящий стандарт был откорректирован на основе опыта, полученного при разработке требований ИСО 10218-2 к системам и интеграции роботов, для того чтобы он соответствовал минимальным требованиям к гармонизированному стандарту типа С для промышленных роботов. Пересмотренные технические требования включают, но не ограничиваются, определение и требования по сингулярности, защите от опасностей трансмиссии, отключению питания, характеристикам цепей управления, связанным с безопасностью, добавлению функции остановки категории 2, выбору режимов, ограничению мощности и усилий, маркировке и изменению метрики и характеристик времени и расстояния, необходимых для полной остановки.

Настоящий стандарт не применим к роботам, которые были изготовлены до даты его публикации.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Роботы и робототехнические устройства

ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Часть 1

Роботы

Robots and robotic devices. Safety requirements for industrial robots. Part 1. Robots

Дата введения — 2018—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет требования и руководства по проектированию с встроенной безопасностью, мерам защиты и информации по использованию промышленных роботов. В нем представлены основные опасности, связанные с роботами, и определены требования по устранению или необходимому снижению рисков, связанных с данными опасностями.

Настоящий стандарт не рассматривает робота, как классическую машину. Шумовое излучение обычно не считается существенной опасностью от одиночного робота. Соответственно, шум исключен из области применения настоящего стандарта.

Настоящий стандарт не применим к непромышленным роботам, хотя основные принципы безопасности, установленные в ИСО 10218, могут быть использованы для других типов роботов.

Примечания

1 Примерами непромышленного применения роботов являются, но не ограничиваются ими, подводные, военные и космические роботы, телеуправляемые манипуляторы, протезы и другие средства для оказания физической помощи, микророботы (с перемещениями менее 1 мм), хирургия и здравоохранение, а также сервисные и потребительские изделия.

2 Требования к системам, интеграции и установке роботов установлены в ИСО 10218-2.

3 Дополнительные опасности могут возникать при конкретных применениях (например, сварка, лазерная резка, механообработка). Такие связанные с системами опасности должны быть учтены при проектировании робота.

2 Нормативные ссылки

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

ISO 9283:1998, Manipulating industrial robots — Performance criteria and related test methods (Роботы манипуляционные промышленные. Рабочие характеристики и соответствующие методы тестирования)

ISO 10218-2, Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration (Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Часть 2. Системы и интеграция роботов)

Издание официальное

ISO 12100, Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction (Безопасность машин и механизмов. Общие принципы проектирования. Оценивание и снижение рисков)

ISO 13849-1:2006[1)], Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design (Безопасность машин и механизмов. Части систем управления, связанные с безопасностью. Часть 1. Общие принципы конструирования)

ISO 13850, Safety of machinery — Emergency stop — Principles for design (Безопасность машин и механизмов. Аварийный останов. Принципы проектирования)

IEC 60204-1, Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements (Безопасность машин и механизмов. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования)

IEC 62061:2005, Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems (Безопасность машин и механизмов. Функциональная безопасность систем управления электрических, электронных и программируемых электронных, связанных с безопасностью)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 12100, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **подвижный элемент управления** (actuating control): Механический механизм в управляющем устройстве.

Пример — Тяга, размыкающая контакты.

3.2

автоматический режим (automatic mode): Рабочий режим, при котором система управления роботом работает в соответствии с программой выполнения задания.

[ИСО 8373:1994, определение 5.3.8.1]

3.3 **автоматическое функционирование** (automatic operation): Состояние, когда робот выполняет намеченное запрограммированное задание.

Примечание — Адаптировано из ИСО 8373:1994, определение 5.5.

3.4 **совместная работа** (collaborative operation): Состояние, при котором специально разработанные роботы работают в непосредственном взаимодействии с человеком в пределах определенного рабочего пространства.

3.5 **совместное рабочее пространство** (collaborative workspace): Рабочее пространство, находящееся в пределах защищенного пространства, где робот и человек могут выполнять работы одновременно в процессе производства.

3.6 **движущая энергия** (drive power): Источник или источники энергии для приводов робота.

3.7

рабочий орган (end-effector): Устройство, специально разработанное для присоединения к механическому интерфейсу с целью обеспечения выполнения задания роботом.

Пример — Захватное устройство, гайковерт, сварочный пистолет, пистолет-распылитель.

[ИСО 8373:1994, определение 3.11]

3.8 **источник энергии** (energy source): Источник электрической, механической, гидравлической, пневматической, химической, тепловой, потенциальной, кинетической или иной энергии.

3.9 **опасное движение** (hazardous motion): Движение, которое, возможно, может вызвать нанесение физической травмы или причинить вред здоровью человека.

[1)] Заменен на ISO 13849-1:2015.

3.10 **промышленный робот** (industrial robot): Автоматически управляемый, перепрограммируемый, многоцелевой манипулятор, программируемый по трем или более степеням подвижности, который может либо быть установлен стационарно на рабочем месте, либо может иметь возможность передвижения для использования в системах промышленной автоматизации.

Примечания

1 Промышленный робот включает:
- манипулятор, включая приводы;
- контроллер, включая выносной пульт обучения и коммуникационный интерфейс (аппаратные средства и программное обеспечение).

2 Промышленный робот может иметь дополнительные интегрированные степени подвижности.

3 В настоящем стандарте к промышленным роботам относятся следующие устройства:
- роботы, управляемые вручную;
- манипуляционные устройства мобильных роботов;
- роботы для совместных работ.

4 Адаптировано из ИСО 8373:1994, определение 2.6.

3.11 **промышленная робототехническая система** (industrial robot system): Система, включающая:
- промышленного робота;
- рабочий орган (органы);
- любые машины, оборудование, устройства, внешние вспомогательные степени подвижности и датчики, поддерживающие выполнение роботом своего задания.

Примечания

1 Требования к робототехническим системам, включая относящиеся к обеспечению безопасности, определены в ИСО 10218-2.

2 Адаптировано из ИСО 8373:1994, определение 2.14.

3.12 **ограничивающее устройство** (limiting device): Средства, ограничивающие максимальное пространство, останавливая или вызывая остановку движения всего робота.

3.13 **локальное управление** (local control): Состояние системы или частей системы, при котором управление осуществляется с панели или выносного пульта управления только отдельными машинами.

3.14 **ручной режим** (manual mode): Рабочий режим, при котором управление осуществляет непосредственно оператор.

Примечания

1 Иногда данный режим называется режимом обучения, при котором оператор задает точки программы.

2 Адаптировано из ИСО 8373:1994, определение 5.3.8.2.

3.15

выносной пульт, выносной пульт обучения (pendant, teach pendant): Портативный блок, связанный с системой управления, с помощью которого робота можно программировать или перемещать.

[ИСО 8373:1994, определение 5.8]

3.16 Программа

3.16.1

программа управления (control programme): Встроенный набор команд, определяющих возможности, действия и реакции робота.

Примечание — Данный тип программы фиксирован и обычно не изменяется пользователем.

[ИСО 8373:1994, определение 5.1.2]

3.16.2

функциональная программа (task programme): Набор команд для выполнения движений и вспомогательных функций, определяющий конкретное целевое задание для робототехнической системы.

Примечания

1 Данный тип программы обычно создается пользователем.

2 Под приложением понимается вся совокупность выполняемых работ. Под заданием понимается конкретная работа в рамках приложения.

[ИСО 8373:1994, определение 5.1.1]

3.16.3 **верификация программы** (programme verification): Выполнение функциональной программы с целью подтверждения траектории движения робота и характеристик процесса.

Примечание — Верификации программы может включать полную траекторию перемещения центральной точки инструмента во время выполнения функциональной программы или только сегмент траектории. Команды могут исполняться по одной или в виде непрерывной последовательности. Верификация программы используется в новых приложениях и при настройке/редактировании существующих приложений.

3.17 **защитная остановка** (protective stop): Тип прерывания функционирования робота, обеспечивающий приостановку движения в целях обеспечения безопасности и возможность возобновления выполнения функциональной программы.

3.18 **привод робота** (robot actuator): Силовой механизм, который преобразует электрическую, гидравлическую или пневматическую энергию в движение.

3.19 **функция с расчетной безопасностью** (safety-rated): Функция, характеризующаяся наличием заданной функции безопасности с установленными параметрами, связанными с безопасностью.

3.19.1 **контролируемая скорость с расчетной безопасностью** (safety-rated monitored speed): Функция с расчетной безопасностью, которая вызывает защитную остановку в том случае, когда либо скорость точки в декартовой системе координат относительно фланца робота (например, ЦТИ), либо скорость одной или более степеней подвижности превысит заданное предельное значение.

3.19.2 **сниженная скорость с расчетной безопасностью** (safety-rated reduced speed): Функция контролируемой скорости с расчетной безопасностью, которая ограничивает скорость робота величиной 250 мм/с или менее.

Примечания

1 Предельное значение сниженной скорости с расчетной безопасностью не обязательно совпадает со значением, установленным для функции управления на сниженной скорости.

2 Различие между контролируемой скоростью с расчетной безопасностью и сниженной скоростью с расчетной безопасностью заключается в том, что предел контролируемой скорости с расчетной безопасностью может быть задан больше чем 250 мм/с.

3.19.3 **программное ограничение степени подвижности и пространства с расчетной безопасностью, программное ограничение с расчетной безопасностью** (safety-rated soft axis and space limiting, safety-rated soft limit): Ограничение, заданное для диапазона движений робота с помощью системы, использующей программное обеспечение или встроенные коды, которая обеспечивает заданные достаточные характеристики, связанные с безопасностью.

Примечание — Программное ограничение с расчетной безопасностью может быть точкой, в которой инициируется остановка, или оно может обеспечивать режим управления, при котором робот не может выйти за данную границу.

3.19.4 **выходной сигнал с расчетной безопасностью** (safety-rated output): Выходной сигнал, имеющий заданные достаточные характеристики, связанные с безопасностью.

3.19.5 **выходной сигнал пространства с расчетной безопасностью** (safety-rated zone output): Выходной сигнал с расчетной безопасностью, показывающий состояние позиции робота относительно программного ограничения с расчетной безопасностью.

Примечание — Например, позиция робота может быть внутри данного пространства или вне его.

3.19.6 **контролируемая остановка с расчетной безопасностью** (safety-rated monitored stop): Условие, при котором робот останавливается с включенным питанием приводов, в то время как система

контроля с заданными достаточными характеристиками безопасности обеспечивает, чтобы робот не двигался.

3.20 **одновременное движение** (simultaneous motion): Движение двух и более роботов, находящихся в одно время под управлением единого поста управления, которое координируется или синхронизируется с помощью общей математической корреляции.

Примечания

1 Выносной пульт обучения является примером единого поста управления.

2 Координация может быть достигнута по принципу «ведущий — ведомый».

3.21 **единая точка управления** (single point of control): Способ управления роботом, когда приведение робота в движение возможно только из одного источника управления и не может быть отменено из другого источника.

3.22 **сингулярность** (singularity): Случай, когда ранг матрицы Якоби становится меньше, чем полный ранг.

Примечание — Математически в точке сингулярности скорость шарнира в пространстве обобщенных координат может достигать бесконечности для того, чтобы поддержать скорость, заданную в декартовой системе координат. В реальном случае при реализации движений робота, заданных в декартовом пространстве и проходящих вблизи точек сингулярности, могут развиваться высокие скорости в степенях подвижности, что может привести к опасным ситуациям. Такие высокие скорости могут оказаться неожиданными для оператора.

3.23 **управление на сниженной скорости, управление на малой скорости** (reduced speed control, slow speed control): Режим управления движением робота, при котором скорость не превышает 250 мм/с.

Примечание — Уменьшение скорости нужно, чтобы дать возможность персоналу выйти из опасного пространства или остановить робота.

3.24 **пространство** (space): Трехмерный объем.

3.24.1

максимальное пространство (maximum space): Пространство, ометаемое движущимися деталями робота по определению изготовителя, плюс пространство, в котором могут находиться манипуляторы и полезная нагрузка.

[ИСО 8373:1994, определение 4.8.1]

3.24.2 **ограниченное пространство** (restricted space): Часть максимального пространства в пределах ограничивающих устройств, устанавливающих границы, которые не могут быть нарушены роботом.

Примечание — Адаптировано из ИСО 8373:1994, определение 4.8.2.

3.24.3 **защищенное пространство** (safeguarded space): Пространство, определенное периметром защитных средств.

3.25 **обучение, программирование путем обучения, функциональное программирование** (teach, teach programming, task programming): Программирование выполнения задания роботом, осуществляемое с помощью:

a) перемещения рабочего органа робота вручную; или

b) перемещения механического моделирующего устройства вручную; или

c) выносного пульта обучения для пошагового перемещения робота по требуемым позициям.

Примечание — Адаптировано из ИСО 8373:1994, определение 5.2.3.

3.26

центральная точка инструмента, ЦТИ (tool centre point, TCP): Точка, определенная для данного приложения относительно системы координат механического интерфейса.

[ИСО 8373:1994, определение 4.9]

3.27 **пользователь** (user): Субъект, использующий роботов и отвечающий за персонал, связанный с работой роботов.

4 Идентификация опасностей и общая оценка рисков

В приложении А приведен список опасностей, которые могут представлять роботы. Чтобы идентифицировать любые опасности, которые могут возникнуть, должен быть осуществлен анализ опасностей.

Общая оценка рисков должна быть выполнена для всех опасностей, выявленных при идентификации опасностей. При общей оценке рисков особое внимание должно быть обращено на:

a) работы, предусмотренные для робота, включая обучение, техническое обслуживание, наладку и уборку;

b) неожиданный запуск;

c) доступ для персонала со всех направлений;

d) разумно предсказуемое неправильное использование робота;

e) воздействие отказов системы управления;

f) в соответствующих случаях опасности, связанные с конкретным применением робота.

Риски должны быть исключены или снижены в первую очередь при проектировании или с помощью новаций, во вторую очередь с помощью обеспечения безопасности и других дополнительных мер. Все остаточные риски затем должны быть снижены с помощью других мер (например, предупреждений, знаков, обучения).

Требования, изложенные в разделе 5, были получены в результате итерационного процесса, состоящего из применения мер обеспечения безопасности, описанных в ИСО 12100, к опасностям, указанным в приложении А.

Примечания

1 В ИСО 12100 установлены требования и руководство по выполнению идентификации опасностей и снижению рисков.

2 Требования к идентификации опасностей и общей оценке рисков для систем роботов, их интеграции и установки определены в ИСО 10218-2.

5 Конструктивные требования и меры защиты

5.1 Общие положения

Робот должен быть разработан в соответствии с принципами ИСО 12100 для соответствующих опасностей. Существенные опасности, такие как острые края, не рассмотрены в настоящем стандарте.

Роботы должны быть спроектированы и построены так, чтобы соответствовать требованиям, установленным в 5.2—5.15.

5.2 Общие требования

5.2.1 Компоненты механической передачи

Подверженность опасностям, вызванным такими компонентами, как валы двигателей, зубчатые передачи, приводные ремни или рычажные механизмы, не защищенные общими кожухами (например, панелью, закрывающей коробку передач), должна быть предотвращена с помощью постоянных или съемных кожухов. Фиксирующие системы постоянных кожухов, предназначенных для снятия при выполнении работ по плановому техническому обслуживанию, должны оставаться прикрепленными к машине или к кожуху. Съемные кожухи должны быть заблокированы от опасных движений так, чтобы опасные функции машины были остановлены до того, как к ним может быть открыт доступ. Связанные с безопасностью характеристики системы управления такой блокировкой должны соответствовать требованиям, установленным в 5.4.

5.2.2 Отключение или изменение питания

Отключение или изменение питания не должны приводить к возникновению опасностей.

Восстановление питания не должно вызывать никакого движения.

Роботы должны быть спроектированы и построены так, чтобы отключение или изменение электрического, гидравлического, пневматического или вакуумного питания не приводили к возникновению опасности. Если существуют опасности, не устраненные конструктивно, то должны быть предприняты другие меры для защиты от этих опасностей. Незащищенные опасности при нормальной эксплуатации должны быть отмечены в информации по использованию.

Примечание — Требования к электрическим источникам питания установлены в МЭК 60204-1.

5.2.3 Неисправность компонентов

Компоненты роботов должны быть спроектированы, построены, закреплены или размещены так, чтобы опасности, вызванные поломкой, ослаблением крепления или высвобождением накопленной энергии, были минимизированы.

5.2.4 Источники энергии

Робот должен быть оснащен средствами изоляции любых опасных источников энергии. Данные средства должны обладать способностью блокировки или иного обеспечения безопасности в состоянии отключенного питания.

5.2.5 Накопленная энергия

Должны быть обеспечены средства для контролируемого высвобождения накопленной опасной энергии. Должна быть нанесена маркировка, указывающая на опасность от накопленной энергии.

Примечание — Энергия может накапливаться в пневматических или гидравлических аккумуляторах давления, конденсаторах, аккумуляторах, пружинах, противовесах, маховиках и т. д.

5.2.6 Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Конструкция и построение робота должны предотвращать опасные движения или ситуации из-за ожидаемого воздействия электромагнитных помех (ЭМП), радиочастотных помех (РЧП) и электростатического разряда (ЭСР).

Примечание — Информация по конструированию приведена в МЭК 61000.

5.2.7 Электрическое оборудование

Электрическое оборудование робота должно быть спроектировано и построено в соответствии с требованиями МЭК 60204-1.

5.3 Подвижные элементы управления

5.3.1 Общие положения

Подвижные элементы управления, которые инициируют подачу питания или движение, должны быть спроектированы и построены так, чтобы соответствовать требованиям, установленным в 5.3.2—5.3.5.

5.3.2 Защита от неумышленных действий

Подвижные элементы управления должны быть построены или расположены так, чтобы не допустить неумышленных действий. Например, могут быть использованы правильно сконструированные кнопки включения или клавишные селекторные переключатели, установленные в соответствующих местах.

5.3.3 Индикация состояния

Состояние подвижных элементов управления должно быть четко отображено, например, питание включено, обнаружена ошибка, автоматическая работа.

Если используются индикаторные лампочки, то их расположение и цвет должны соответствовать требованиям МЭК 60204-1.

5.3.4 Маркировка

Подвижные элементы управления должны быть маркированы, чтобы четко представлять их функцию.

5.3.5 Одна точка управления

Система управления роботом должна быть спроектирована и построена так, чтобы, когда робот находится под управлением локального пульта управления или другого устройства обучения, движение робота или изменение режима локального управления от любого другого источника было запрещено.

5.4 Характеристики связанной с безопасностью системы управления (аппаратное и программное обеспечение)

5.4.1 Общие положения

Связанные с безопасностью системы управления (электрические, гидравлические, пневматические и программные) должны соответствовать 5.4.2, если только результаты общей оценки рисков не покажут, что более подходящим является критерий качества, представленный в 5.4.3. Характеристики связанных с безопасностью систем управления роботом и любым установленным оборудованием должны быть четко указаны в информации по использованию.

Примечание — Связанные с безопасностью системы управления могут также называться связанными с безопасностью частями систем управления (СБЧ/СУ).

В настоящем стандарте характеристики связанных с безопасностью систем управления определены с помощью:

- уровней эффективности защиты (УЭЗ) и категорий, установленных в ИСО 13849-1:2006, 4.5.1;
- уровней полноты безопасности (УПБ) и требований к отказоустойчивости аппаратного обеспечения, установленных в МЭК 62061:2005, 5.2.4.

Эти два стандарта определяют функциональную безопасность, используя похожие, но различные методы. Требования этих стандартов должны применяться к соответствующим связанным с безопасностью системам управления, для которых они предназначены. Конструктор может выбрать для применения любой из этих стандартов. Данные и критерии, необходимые для определения характеристик, связанных с безопасностью систем управления, должны быть приведены в информации по использованию.

Примечание — Сравнение ИСО 13849-1 и МЭК 62061 приведено в ИСО/ТО 23849.

Другие стандарты, предлагающие требования к альтернативным характеристикам, например к характеристике «надежность управления», используемой в Северной Америке, также могут быть использованы. При использовании таких альтернативных стандартов при проектировании связанных с безопасностью систем управления должен быть обеспечен эквивалентный уровень снижения рисков.

Любой сбой в связанной с безопасностью системе управления должен приводить к остановке категории 0 или 1 в соответствии с МЭК 60204-1.

5.4.2 Требования к характеристикам

Связанные с безопасностью части систем управления должны быть спроектированы так, чтобы они соответствовали УЭЗ = d с категорией конструкции 3, как определено в ИСО 13849-1:2006, или УПБ 2 с уровнем отказоустойчивости аппаратного обеспечения 1 и интервалом между контрольными испытаниями не менее 20 лет, как определено в МЭК 62061:2005.

В частности, сказанное выше означает следующее:

a) одиночный сбой в любой из этих частей не должен приводить к потере функции безопасности;

b) в случаях, когда это практически целесообразно, одиночный сбой должен быть выявлен при или перед следующим обращением к функции безопасности;

c) если произошел одиночный сбой, то всегда выполняется функция безопасности, а безопасное состояние должно поддерживаться до тех пор, пока выявленный сбой не будет исправлен;

d) все реально предсказуемые сбои должны выявляться.

Требования перечислений a)—d) считаются эквивалентными категории конструкции 3, определенной в ИСО 13849-1:2006.

Примечание — Требование выявления одиночного сбоя не означает, что все сбои будут выявлены. Следовательно, накопление не выявленных сбоев может привести к непланируемой реакции и опасной ситуации в машине.

5.4.3 Другие рабочие характеристики системы управления

По результатам тщательной общей оценки рисков, выполненной для робота и его целевого применения, может быть определено, что для данного применения подходят характеристики связанной с безопасностью системы управления, отличающиеся от характеристик, определенных в 5.4.2.

Выбор одной из таких отличающихся рабочих характеристик, связанных с безопасностью, должен быть конкретно определен, и соответствующие ограничения и предупреждения должны быть включены в информацию по использованию, поставляемую с данным роботом.

5.5 Функции остановки робота

5.5.1 Общие положения

Каждый робот должен иметь функцию защитной остановки и отдельную функцию аварийной остановки. Эти функции должны иметь возможность подключения внешних защитных устройств. Факультативно может быть обеспечена выдача выходного сигнала аварийной остановки. В таблице 1 приведено сравнение функций аварийной и защитной остановки.

Таблица 1 — Сравнение аварийной и защитной остановок

Параметр	Аварийная остановка	Защитная остановка
Размещение средств инициации	Оператор имеет быстрый беспрепятственный доступ	Для защитных устройств размещение определяется по формулам минимального (безопасного) расстояния, определенным в ИСО 13855
Инициация	Ручная	Ручная, автоматическая или может быть инициирована автоматически связанной с безопасностью функцией
Характеристики системы управления, связанные с безопасностью	Должны соответствовать требованиям из 5.4	Должны соответствовать требованиям из 5.4
Перезапуск	Только ручной	Ручной или автоматический
Частота использования	Нечасто	Меняется: от при каждой операции до нечасто
Назначение	Аварийная ситуация	Защита или снижение риска
Действие	Отключение питания от всех опасных частей	Безопасное управление контролируемыми опасностями

5.5.2 Аварийная остановка

Робот должен иметь одну или несколько функций аварийной остановки (для категорий остановки 0 и 1 в соответствии с МЭК 60204-1).

Каждый пульт управления, способный инициировать движение робота или другую опасную ситуацию, должен иметь инициируемую вручную функцию аварийной остановки, которая:

a) соответствует требованиям из 5.4 и МЭК 60204-1;

b) имеет приоритет перед всеми другими управляющими воздействиями на робота;

c) вызывает остановку при всех контролируемых опасностях;

d) отключает питание от приводов робота;

e) обеспечивает возможность контролировать опасности, известные робототехнической системе;

f) остается активной до ее перезапуска;

g) должна сбрасываться только вручную, не вызывая при этом перезапуск робота, а только разрешая произвести перезапуск.

5.5.3 Защитная остановка

Робот должен иметь одну или несколько функций защитной остановки, разработанных для подключения внешних защитных устройств. Характеристики функции защитной остановки должны соответствовать требованиям, установленным в 5.4.

Данная функция должна вызывать остановку всех движений робота, отключать или контролировать питание на приводах робота и позволяет контролировать любую другую опасность, известную роботу. Данная остановка может быть инициирована вручную или с помощью управляющей логики.

По крайней мере одна функция защитной остановки должна относиться к категории остановки 0 или 1, определенной в МЭК 60204-1. Робот может иметь дополнительную функцию защитной остановки, относящуюся к категории остановки 2, определенной в МЭК 60204-1, которая не приводит к отключению силового питания, но требует контроля состояния покоя после остановки робота. Любое случайное движение робота, находящегося в состоянии контролируемого покоя, или выявление сбоя функции защитной остановки должно привести к остановке категории 0 в соответствии с МЭК 60204-1. Характеристики функции контролируемого покоя должны соответствовать 5.4. Данная функция может также быть инициирована внешними устройствами (входным сигналом остановки от защитных устройств).

Примечание — Функция контролируемой остановки категории 2 в соответствии с МЭК 60204-1 может быть обеспечена с помощью системы силового электропитания, соответствующей безопасной рабочей остановке (БРО) в соответствии с МЭК 61800-5-2.

Изготовитель должен указать в информации по использованию категорию остановки для каждого входа схемы реализации защитной остановки.

5.6 Управление скоростью

5.6.1 Общие положения

Скорости фланца, к которому крепится рабочий орган робота, и центральной точки инструмента (ЦТИ) должны быть управляемыми и выбираемыми. Должно быть обеспечено задание смещения (положения ЦТИ относительно крепежного фланца), чтобы иметь возможность управлять скоростью ЦТИ.

5.6.2 Работа на сниженной скорости

При работе на сниженной скорости скорость ЦТИ не должна превышать 250 мм/с. Должна быть обеспечена возможность выбирать скорости ниже 250 мм/с в качестве заданного предела.

5.6.3 Управление на сниженной скорости с расчетной безопасностью

При наличии управления на сниженной скорости с расчетной безопасностью, оно должно быть спроектировано и построено в соответствии с 5.4.2 так, чтобы в случае события, связанного с неисправностью, скорость ЦТИ не превышала заданного предела для сниженной скорости (см. 5.6.2), а возникновение неисправности приводило к защитной остановке.

5.6.4 Контролируемая скорость с расчетной безопасностью

Если имеется такая возможность, то скорость ЦТИ или любой степени подвижности должна контролироваться в соответствии с 5.4.2. Если скорость превышает выбранный предел, то инициируется защитная остановка.

5.7 Режимы работы

5.7.1 Выбор режима

Режимы работы должны выбираться с помощью переключателя режимов, который может фиксироваться в каждой позиции (например, переключатель, управляемый ключом, который может вставляться и выниматься в каждой позиции). Каждая позиция переключателя должна быть четко распознаваемой и должна определять исключительно один режим управления или работы.

Переключатель может быть заменен другими средствами выбора, которые ограничивают использование некоторых функций робота (например, кодами доступа). Эти средства должны:

a) однозначно обозначать выбранный режим работы;

b) сами по себе не инициировать движение робота или другие опасности.

Дополнительный выходной сигнал (или сигналы) может быть использован для индикации выбранного режима. Если данный сигнал (или сигналы) используется для связанных с безопасностью целей, то он должен соответствовать требованиям из 5.4 (см. приложение D).

Примечание — Способы маркировки режимов приведены в приложении Е.

5.7.2 Автоматический режим

В автоматическом режиме робот должен выполнять функциональную программу, при этом должны функционировать меры защиты.

Автоматическая работа должна быть прекращена, если выявлено любое условие для остановки.

Переключение из данного режима должно вызвать остановку робота.

5.7.3 Режим ручного управления на сниженной скорости

Режим ручного управления на сниженной скорости должен соответствовать требованиям 5.3.4 и 5.6 и должен обеспечивать управление роботом посредством участия человека. В данном режиме автоматическая работа запрещена. Данный режим используется для пошагового перемещения, обучения, программирования и верификации программы функционирования робота; он может также выбираться при выполнении некоторых задач технического обслуживания.

Ручное управление роботом изнутри защищенного пространства должно осуществляться на сниженной скорости в сочетании с одним из следующих способов защиты:

a) управление только при удерживаемом органе управления в сочетании с деблокирующим устройством в соответствии с 5.8 или

b) только для верификации программы: стартстопное управление в сочетании с деблокирующим устройством в соответствии с 5.8.

Информация по использованию должна содержать необходимые инструкции и предупреждения, что работа в ручном режиме по возможности должна выполняться только тогда, когда все люди находятся вне защищенного пространства. В информации по использованию должно быть также указано, что до выбора автоматического режима любым приостановленным защитам должна быть возвращена полная функциональность.

Примечание — Ранее данный режим назывался также Т1 или обучением.

5.7.4 Ручное управление на высокой скорости

Если предусмотрен данный режим, то допустимы скорости выше 250 мм/с. Данный режим используется только для верификации программы. При этом робот должен:

a) иметь средства для выбора режима ручного управления на высокой скорости, для которых требуется преднамеренное действие (например, клавишный переключатель на панели управления роботом) и дополнительное подтверждающее действие;

b) иметь выносной пульт, соответствующий 5.8, с функцией управления только при нажатой кнопке в дополнение к деблокирующему устройству, которое разрешает продолжить движение робота;

c) установить начальный предел скорости до (но не превышая) 250 мм/с при выборе режима ручного управления на высокой скорости;

d) иметь на выносном пульте средства, позволяющие оператору настраивать скорость с определенным шагом от начального значения до полного запрограммированного значения за несколько шагов;

e) иметь на выносном пульте индикацию настроенной скорости;

f) обеспечить, чтобы:

- его скорость была ограничена пределом начальной скорости, когда деблокирующее устройство заново инициируется с помощью помещения переключателя в центральную разрешающую позицию после того, как он был полностью отпущен или полностью нажат;

- отдельное преднамеренное действие требовалось для того, чтобы вернуться к более высокой скорости, которая была выбрана до того, как переключатель деблокирующего устройства был отпущен или нажат;

- дополнительная возможность возобновления движения с более высокой скоростью с использованием отдельного действия должна становиться недействующей по прошествии не более пяти минут после отпускания деблокирующего устройства.

Дополнительная возможность возобновления движения с более высокой скоростью и тайм-аут не являются связанными с безопасностью. Информация по использованию должна содержать необходимые инструкции и предупреждения, что работа в ручном режиме по возможности должна выполняться только тогда, когда все люди находятся вне защищенного пространства. В информации по использованию должно быть также указано, что до выбора автоматического режима любым приостановленным защитам должна быть возвращена полная функциональность.

Примечание — Данный дополнительный ручной режим раньше назывался Т2 или верификацией программы на высокой скорости, обслуживаемой оператором.

5.8 Выносные пульты управления

5.8.1 Общие положения

Если выносной пульт управления или другое выносное устройство обучения имеет возможность управлять роботом, находясь внутри защищенного пространства, то должны применяться требования, определенные в 5.3.5 и 5.8.2—5.8.7.

Примечание — Данные требования относятся к любому устройству, используемому в ручном режиме для управления роботом изнутри защищенного пространства, когда подключено питание приводов к любой из степеней подвижности робота. Это относится и к роботам, обучаемым проведением вручную по нужной траектории при поданном питании, если используются установленные на роботе средства ручного управления или главные/вторичные пульты обучения.

5.8.2 Управление движением

Движение робота, инициированное с выносного пульта управления или устройства управления обучением, должно осуществляться на сниженной скорости в соответствии с 5.6. Если средства управления имеют возможность выбора ручного управления на высокой скорости, то робот должен соответствовать требованиям из 5.7.4.

5.8.3 Деблокирующее устройство

Выносной пульт управления или устройство управления обучением должны иметь трехпозиционное деблокирующее устройство в соответствии с МЭК 60204-1. При постоянном удерживании в центральной разрешающей позиции, деблокирующее устройство должно разрешать движение робота и любые другие опасные действия, управляемые с помощью робота. Деблокирующее устройство должно обладать перечисленными ниже характеристиками.

Примечания

1 Важно учесть эргономические факторы длительной активизации при проектировании и установке деблокирующего устройства.

2 Дополнительная информация по деблокировке приведена в приложении С.

a) Деблокирующее устройство может быть интегрировано с выносным пультом управления или физически отделено от него (например, деблокирующее устройство зажимного типа) и должно работать независимо от любой другой функции или устройства управления движением.

b) Отпускание или нажатие из центральной разрешающей позиции устройства должно вызывать остановку опасного действия (например, движения робота) в соответствии с 5.4 и 5.5.3.

c) После нажатия из центральной разрешающей позиции деблокирующего устройства деблокирующее устройство должно быть полностью отпущено. Переход из полностью нажатого в центральную позицию не должен разрешать движение робота.

d) Если на одном деблокирующем устройстве или пульте управления имеются два или более деблокирующих переключателя, позволяющих работать левой или правой рукой, любой из них или все переключатели могут находиться в центральной разрешающей позиции:

1) если используется только один переключатель и он находится в центральной разрешающей позиции, то он должен функционировать в соответствии с перечислением b);

2) если конструкция деблокирующего устройства позволяет обоим переключателям находиться в центральной разрешающей позиции, чтобы обеспечить возможность попеременной работы левой и правой рукой, то отпускание одного переключателя не должно вызывать защитную остановку, но полное нажатие любого переключателя должно отменять управление от других переключателей и вызывать защитную остановку.

Информация по использованию должна содержать описание данной функциональной операции и предупреждение, что может существовать потенциальная опасность.

Примечание — Если несколько переключателей находятся в центральной разрешающей позиции, то невозможно установить был ли один из них отпущен намеренно или случайно.

e) Если в работе задействовано более одного деблокирующего устройства (т. е. более одного человека находятся в защищенном пространстве с деблокирующим устройством), то движение должно быть возможно только в том случае, когда все устройства одновременно находятся в центральной (разрешающей) позиции.

f) Падение деблокирующего устройства не должно приводить к повреждению, которое может вызвать разрешение движения.

g) Если имеется разрешающий выходной сигнал, то он должен показывать состояние остановки при выключении питания системы, связанной с безопасностью, и соответствовать требованиям из 5.4.

h) Если изменяется режим, когда деблокирующее устройство находится в центральной разрешающей позиции, то должна инициироваться защитная остановка. Система управления должна требовать, чтобы переключатель деблокирующего устройства был отпущен и снова приведен в разрешающую позицию до того, как сможет быть подано силовое питание. Руководство по предотвращению ошибок при работе с деблокирующим устройством приведено в МЭК 60204-1.

5.8.4 Функция аварийной остановки выносного пульта управления

Выносной пульт управления или устройство управления обучением должны иметь функцию аварийной остановки в соответствии с 5.5.2.

5.8.5 Инициация автоматической работы

Не должна существовать возможность активизировать автоматическую работу робота с использованием только выносного пульта управления или устройства управления обучением. Должны существовать средства, расположенные вне защищенного пространства, для отдельного действия подтверждения, которое должно быть выполнено до активизации автоматического режима.

5.8.6 Беспроводной или отсоединяемый выносной пульт управления

Если выносной пульт или другое устройство управления обучением не имеет кабеля, соединяющего его с системой управления роботом, либо если они могут быть разъединены, то применяются следующие требования.

a) Должна быть обеспечена визуальная индикация, показывающая, что выносной пульт управления активен, например, на экране дисплея пульта управления обучением.

b) Потеря связи должна вызывать защитную остановку всех управляемых роботов, находящихся в режиме ручного управления на сниженной или на высокой скорости. Восстановление связи не должно приводить к возобновлению движения робота без отдельного сознательного действия.

c) Путаница между активными и неактивными устройствами аварийной остановки должна быть преодолена с помощью соответствующего запоминания или конструкции. Информация по использованию должна содержать описание такого запоминания или конструкции.

d) В соответствующих случаях максимальное время отклика при передаче данных (включая коррекцию ошибок) и при потере связи должно быть указано в информации по использованию.

5.8.7 Управление несколькими роботами

Если выносной пульт управления имеет возможность управлять несколькими роботами, то должны применяться требования, установленные в 5.9.

5.9 Управление одновременным движением

5.9.1 Управление от одного выносного пульта

Один или несколько органов управления роботами могут быть присоединены к единому пульту обучения. При такой конфигурации пульт обучения должен иметь возможность осуществлять независимые перемещения одного или нескольких роботов либо их одновременное движение. В режиме ручного управления все функции системы роботов должны быть под управлением одного выносного пульта.

5.9.2 Проектные требования с учетом обеспечения безопасности

Все роботы в системе, спроектированной для одновременного движения, как правило, должны находиться в одном рабочем режиме (например, в ручном или автоматическом) и в одинаковом состоянии (например, питание включено или питание выключено). Должна быть обеспечена возможность для одного или нескольких роботов находиться в отсоединенном от группы состоянии для диагностирования неисправностей, устранения ошибок или тестирования. Такие отсоединенные роботы затем не включаются в одновременное движение.

Для того чтобы включить роботов в одновременное движение, каждый робот должен быть выбран до того, как он сможет начать движение. Чтобы быть выбранными, все роботы должны находиться в одинаковом рабочем режиме (например, в режиме ручного управления на сниженной скорости). На каждом месте, где производится выбор (например, на выносном пульте, на стойке управления или на роботе), должна быть обеспечена индикация выбора робота (или роботов). Только выбранный робот (роботы) должен двигаться.

Кроме того, должна быть обеспечена возможность деактивировать любого робота, т. е. переводить его в состояние выключенного питания. Должна быть обеспечена индикация, ясно видимая внутри защищенной зоны, о роботе (или роботах), которые находятся в активном состоянии.

Непредусмотренный запуск любых невыбранных роботов должен быть предотвращен. Данная функция должна соответствовать требованиям из 5.4.

5.10 Требования к совместному функционированию

5.10.1 Общие положения

Роботы, спроектированные для совместного функционирования, должны быть снабжены визуальной индикацией, показывающей, когда робот выполняет совместную работу, и должны соответствовать одному или нескольким требованиям, установленным в 5.10.2—5.10.5.

5.10.2 Контролируемая остановка с расчетной безопасностью

Робот должен останавливаться, когда человек находится в совместном рабочем пространстве. Функция остановки должна соответствовать 5.4 и 5.5.3. Робот может возобновить автоматическую работу, когда человек покидает совместное рабочее пространство.

Иначе робот может замедляться, переходя в результате в остановку категории 2 в соответствии с МЭК 60204-1. Будучи остановленным, робот переходит в состояние покоя, которое должно контролироваться с помощью связанной с безопасностью системы управления в соответствии с 5.4. Отказ функции контролируемой остановки с расчетной безопасностью должен привести к остановке категории 0.

Примечание — При этом может использоваться функция контролируемой остановки категории 2 в соответствии с МЭК 60204-1, реализованная с помощью системы электропитания, которая обеспечивает БРО согласно МЭК 61800-5-2.

5.10.3 Проведение робота вручную

Средства, обеспечивающие проведение робота вручную (при их наличии), должны быть расположены вблизи рабочего органа и должны быть оснащены следующими возможностями:

a) аварийным остановом, соответствующим 5.5.2 и 5.8.4;

b) деблокирующим устройством, соответствующим 5.8.3.

Робот должен работать при активной функции контролируемой скорости с расчетной безопасностью (см. 5.6.4). Предел контролируемой скорости с расчетной безопасностью должен быть определен с помощью общей оценки рисков.

5.10.4 Контроль скорости и безопасного расстояния

Робот должен поддерживать заданную скорость и безопасное расстояние от оператора. Данные функции могут быть реализованы с помощью присущих роботу свойств или комбинации внешних данных. Выявление невозможности поддерживать заданную скорость или безопасное расстояние должно привести к защитной остановке (см. 5.5.3). Функции контроля скорости и безопасного расстояния должны соответствовать 5.4.2.

Робот является просто компонентом полной роботизированной системы, в работе которой участвует человек, и его самого недостаточно для обеспечения безопасной совместной работы. Приложения, для которых требуются совместные действия, являются динамичными и должны быть определены с помощью общей оценки рисков, выполняемой во время проектирования прикладной системы. Информация по использованию должна содержать инструкции по поддержанию значений скорости и безопасных расстояний. При разработке совместных операций необходимо руководствоваться ИСО 10218-2. Дополнительная информация будет приведена в ИСО/ТС 15066 (в настоящее время находится в разработке).

При расчете минимального безопасного расстояния должны учитываться относительные скорости между оператором и роботом. Требования к минимальным расстояниям определены в ИСО 13855.

5.10.5 Ограничение мощности и усилия с помощью конструктивных мер или управления

Функция ограничения мощности или усилия робота должна соответствовать 5.4. Если предельное значение какого-либо параметра превышено, то должна быть выполнена защитная остановка.

Робот является только компонентом роботизированной системы, в работе которой участвует человек, и его самого недостаточно для обеспечения безопасной совместной работы. Приложения, для которых требуются совместные действия, должны быть определены с помощью общей оценки рисков, выполняемой во время проектирования прикладной системы. Информация по использованию должна содержать подробную информацию по заданию установленных предельных значений параметров в системе управления роботом. При разработке совместных операций необходимо руководствоваться ИСО 10218-2. Дополнительная информация будет приведена в ИСО/ТС 15066 (в настоящее время находится в разработке).

5.11 Защита в точках сингулярности

Движения, определенные в декартовом пространстве и проходящие вблизи точек сингулярности, могут требовать высоких скоростей степеней подвижности. Такие высокие скорости могут оказаться неожиданными для оператора. При работе в режиме ручного управления на сниженной скорости или при проведении робота по траектории вручную (см. 5.10.3) система управления роботом должна выполнить одно из следующих требований:

a) останавливать движение робота и выдавать предупреждение до того, как робот пройдет через точку сингулярности или потребуется коррекция его движения с помощью пульта обучения при координированном управлении по всем степеням подвижности (координированное управление означает, что оси робота одновременно достигают своих заданных положений, что придает плавность движению и что движения степеней подвижности таковы, что ЦТИ движется по заданной траектории), или

b) выдавать звуковой или визуальный сигнал предупреждения и продолжать движение через точку сингулярности со скоростями степеней подвижности, ограниченными предельным значением 250 мм/с, или

c) в случае, если сингулярность может контролироваться без необходимости производить какое-либо опасное движение, никакой дополнительной защиты не требуется.

5.12 Ограничение степеней подвижности

5.12.1 Общие положения

Должны быть обеспечены средства для создания ограниченного пространства вокруг робота с использованием ограничивающих устройств. Должны быть обеспечены средства для установки регулируемых механических упоров, ограничивающих движения по степеням подвижности значением самого большого перемещения робота (по основной степени подвижности). Робот должен соответствовать 5.12.2 или 5.12.3, либо обоим. Данное требование неприменимо к роботам с ограничивающими структурами, связанными с их конструкцией, например, с параллельной кинематической конструкцией.

Если робот достигает ограничения по степени подвижности, то он должен быть остановлен. Может робот продолжать движение в предельной точке степени подвижности или нет, должно быть определено в информации по использованию.

Примечание — Данные средства могут быть обеспечены предоставлением технической информации и инструкций по получению и установке внешних механических упоров. Использование дополнительной возможности программного ограничения степени подвижности и пространства с расчетной безопасностью (см. 5.12.3) также может соответствовать данному требованию.

5.12.2 Механические и электромеханические средства ограничения степеней подвижности

Возможность установки регулируемых механических или немеханических ограничивающих устройств должна быть обеспечена для второй и третьей степеней подвижности (т. е. для степеней подвижности со вторым и третьим по величине диапазоном перемещения).

Механические упоры должны быть способны останавливать движение робота в условиях номинальной нагрузки и максимальной скорости и на максимальном и минимальном вылете. Тестирование жестких механических упоров должно проводиться без каких-либо средств, помогающих осуществить остановку.

Альтернативные методы ограничения диапазонов перемещения могут применяться только в том случае, если они спроектированы, построены и установлены в соответствии с требованиями, установленными в 5.4.2.

Характеристики схем управления электромеханических ограничивающих устройств должны соответствовать требованиям 5.4. Система управления роботом и функциональные программы не должны изменять уставки в электромеханических ограничивающих устройствах.

Регулируемые устройства позволяют пользователю минимизировать размер отграниченного пространства. Степень регулирования должна быть указана в информации по использованию, как определено в 6.2.

Информация по использованию должна содержать данные о времени остановки при движении на максимальной скорости для электромеханических ограничивающих устройств, включая контрольное время и расстояние, проходимое роботом до полной остановки. Дополнительная информация приведена в приложении В.

Примечание — Примерами немеханических ограничивающих устройств являются устройства, позиционируемые с помощью электричества, пневматики или гидравлики, концевые выключатели, световые завесы, лазерные сканирующие устройства и тросы аварийного отключения, когда они используются для ограничения перемещений робота и определяют ограниченное пространство.

5.12.3 Программное ограничение степеней подвижности и пространства с расчетной безопасностью

Программные ограничения движений робота задаются с помощью программного обеспечения. Ограничение пространства используется для задания любой геометрической формы, которая может быть использована в качестве включающего или исключающего пространства, либо ограничения движений робота внутри определенного пространства, либо запрета на перемещение робота в определенное пространство.

Программные ограничения с расчетной безопасностью разрешены как средства для определения и уменьшения ограниченного пространства, которые могут обеспечить остановку робота при максимальной нагрузке и скорости. Ограниченное пространство должно быть определено для реально ожидаемой позиции остановки, учитывающей тормозной путь. Изготовитель должен указать наличие данной возможности в информации по использованию и отключить программные ограничения с расчетной безопасностью, если данная возможность не поддерживается.

Управляющие программы, которые контролируют и реализуют функции программного ограничения степеней подвижности и пространства с расчетной безопасностью, должны соответствовать 5.4 и подвергаться изменениям только со стороны авторизованного персонала. Если программное ограничение с расчетной безопасностью нарушается, то должна быть инициирована защитная остановка. Движение при нарушении ограничения должно происходить на сниженной скорости, как описано в 5.6.3. Информация о действующих уставках и конфигурации границ безопасности должна быть доступна для просмотра и снабжена уникальным идентификатором так, чтобы изменения конфигурации можно было легко определить.

Программное ограничение с расчетной безопасностью должно быть задано как стационарное пространство, которое не может быть изменено без повторной инициализации подсистемы обеспечения безопасности и не должно реконфигурироваться при автоматическом выполнении функциональной программы. Авторизация на изменение программного ограничения с расчетной безопасностью должна быть защищена и надежна, например, требованием авторизованных лиц ввести пароль. Однажды установленные программные ограничения с расчетной безопасностью должны всегда активироваться при включении питания.

Информация по использованию должна содержать данные о времени остановки при движении на максимальной скорости для программных ограничений с расчетной безопасностью, включая контрольное время и расстояние, проходимое роботом до полной остановки. Дополнительная информация приведена в приложении В.

Выходные сигналы пространства с расчетной безопасностью, используемые в приложениях с динамически изменяемым ограниченным пространством, должны соответствовать 5.4. Конфигурация аппаратных средств для реализации выходных сигналов должна быть отражена в информации по использованию.

Примечания

1 Программные ограничения степеней подвижности с расчетной безопасностью могут быть особенно полезны при управлении движением дополнительных степеней подвижности, не оснащенных ограничивающими устройствами, описанными в 5.12.2.

2 Программные ограничения пространства с расчетной безопасностью могут быть особенно полезны при управлении движением в рабочих пространствах сложной формы или при защите от попадания в зоны защемления, образуемые препятствиями.

3 Примером уникального идентификатора является контрольная сумма — уникальное значение, которое автоматически формируется системой управления роботом при задании конфигурации программных ограничений. Любое изменение данной конфигурации вызовет формирование нового значения контрольной суммы.

5.12.4 Устройства динамического ограничения

Динамическое ограничение — это автоматически контролируемое изменение ограниченного пространства робота при выполнении определенной части действий робота. Управляющие устройства, такие как, но не ограниченные ими, кулачковые конечные выключатели, световые завесы или управляемые выдвижные жесткие упоры, могут быть использованы для дополнительного ограничения движений робота в ограниченном пространстве при выполнении роботом функциональной программы. Для этого такое устройство и связанные с ним системы управления должны быть способны остановить движение робота в условиях номинальной нагрузки и скорости, а соответствующие связанные с безопасностью системы управления должны соответствовать 5.4.2, если только при общей оценке рисков не было установлено, что требуется другая категория остановки.

5.13 Движения без подачи питания на приводы

Робот должен быть спроектирован так, чтобы его степени подвижности могли двигаться без использования питания приводов в аварийных и ненормальных ситуациях. В случае необходимости перемещение степеней подвижности должно осуществляться одним человеком. Органы управления должны быть легко доступны, но защищены от непреднамеренных действий. Необходимые инструкции должны быть приведены в информации по использованию наряду с рекомендациями по обучению персонала реагированию на аварийные и ненормальные ситуации.

Информация по использованию должна содержать предупреждения, что сила тяжести и выключение тормозных устройств могут привести к дополнительным опасностям. При необходимости вблизи органов управления должны быть размещены предупреждающие надписи.

5.14 Средства для подъема робота

Должны быть предоставлены инструкции и меры предосторожности при подъеме робота и связанных с ним компонентов, которые должны быть адекватны работе с ожидаемым грузом.

Пример — Подъемные крюки, рым-болты, резьбовые отверстия, вилочные захваты.

Примечание — Для очень маленьких роботов, с которыми легко может справиться один человек, может быть достаточно инструкций по обеспечению безопасности при подъеме.

5.15 Электрические разъемы

Электрические разъемы, которые могут вызвать опасность, если они разъединены или поломаны, должны быть спроектированы и построены так, чтобы предотвращать неумышленное разъединение.

Разъемы должны быть оснащены средствами, предотвращающими неправильное соединение.

6 Верификация и валидация требований безопасности и мер защиты

6.1 Общие положения

Изготовитель робота должен предусмотреть верификацию и валидацию конструкции и компоновки роботов, включая необходимые защитные устройства, в соответствии с принципами, изложенными в разделах 4 и 5.

Должна быть проанализирована общая оценка рисков с целью проверки, все ли реально предсказуемые опасности были выявлены и корректирующие действия предприняты.

Примечание — Так как не все опасности, перечисленные в приложении А, применимы к любому роботу, то уровень риска, связанного с данной опасной ситуацией, не будет одинаковым для всех роботов. Общая оценка рисков должна быть проведена для того, чтобы определить, какие конкретные меры защиты должны быть предприняты для данного робота.

6.2 Методы верификации и валидации

Верификация и валидация могут быть осуществлены с помощью следующих методов, но не ограничиваясь ими:

- A: визуальный осмотр;
- B: тестирование образца изделия;
- C: измерение;
- D: наблюдение во время работы;
- E: анализ связанных с применением коммутационных схем, принципиальных схем и конструкторской документации;
- F: анализ общей оценки риска на основе функциональных задач;
- G: анализ спецификаций и информации по использованию.

См. таблицу F.1.

6.3 Необходимая верификация и валидация

В приложении F приведены требования к конкретным характеристикам, которые считаются существенными для безопасности робота, который должен быть подвергнут верификации или валидации, либо обеим процедурам. Требования должны быть оценены с использованием подходящих методов с целью определить, адекватно ли они отражены в конструкции и компоновке робота.

Примечания

1 Не все перечисленные в таблице F.1 требования могут применяться к любому роботу. Могут существовать примеры, в которых будет невозможно провести верификацию и/или валидацию конкретных требований.

2 Таблица F.1 не является ни исчерпывающей, ни ограничивающей. Могут существовать дополнительные требования, для которых необходима верификация, зависящая от конструкции конкретного робота.

3 Ответственностью изготовителя является обеспечение того, чтобы всем существенным характеристикам была проведена верификация или валидация либо обе процедуры.

4 При использовании таблицы F.1 в качестве контрольного перечня ее содержимое должно быть проанализировано и ограничено, чтобы соответствовать конфигурации конкретного оцениваемого робота и подходящему методу для выполняемой оценки.

7 Информация по использованию

7.1 Общие положения

Маркировки (например, надписи, символы) и инструкции (например, руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию) должны быть предоставлены изготовителем в соответствии с ИСО 12100 и МЭК 60204-1.

Предупредительные устройства (например, звуковые и визуальные сигналы) при их наличии должны соответствовать ИСО 12100 и МЭК 60204-1.

7.2 Руководство пользователя

Помимо требований, установленных в 6.1, каждый робот должен поставляться вместе с руководством пользователя в твердой копии или в электронной форме, которое должно содержать:

a) фирменное наименование, полный адрес и необходимую контактную информацию изготовителя, а также, если необходимо, авторизованного представителя или авторизованного поставщика;

b) инструкцию по процедурам ввода в эксплуатацию, программирования и повторного запуска, включая требования по установке, такие как потребность в комплектующих изделиях, нагрузка на пол, условия окружающей среды и т. п.;

c) инструкции по первоначальному тестированию и проверке робота и его мер защиты, которые должны быть выполнены перед первым использованием и вводом в промышленную эксплуатацию, включая функциональное тестирование управления на сниженной скорости;

d) инструкции по тестированию и проверке, необходимые после замены деталей или установки дополнительного оборудования (как аппаратного, так и программного) на роботе, которые могут повлиять на связанные с безопасностью функции, включая выходной сигнал аварийной остановки, как в 5.5.2, и общие деблокирующие цепи, как в 5.8.3 d);

e) инструкции по безопасной эксплуатации, настройке и обслуживанию, включая безопасные рабочие практики, процедуры контроля опасных источников энергии и обучение, необходимое для достижения необходимого уровня подготовки людей, работающих с данным оборудованием;

f) инструкции по расположению и функциям всех управляющих систем, включая схемы интерфейсов электрических, гидравлических и пневматических систем, необходимые для установки и монтажа.

Примечание — Это не относится к схемам робота или других органов управления, компонентов или частного имущества;

g) информацию о возможности выбора управления на высокой скорости с помощью выносного пульта;

h) инструкции, информирующие проектировщика автоматизированного участка о необходимости организации ограниченного пространства, если предполагается использование робота в режиме ручного управления на высокой скорости;

i) информацию по установке ограничивающих устройств, включая число, расположение и диапазон регулировки средств механического ограничения;

j) инструкции по числу, расположению и вводу в действие любых немеханических ограничивающих устройств;

k) возможности динамического ограничения (при наличии);

l) информацию о реально ожидаемой позиции остановки, которая рассчитывается для расстояния, проходимого до полной остановки при использовании программного ограничения с расчетной безопасностью;

m) информацию о числе и работе деблокирующих устройств, а также инструкции по установке дополнительных устройств, включая данные и критерии, необходимые для определения характеристик связанной с безопасностью управляющей системы;

n) информацию о времени и расстоянии или угле остановки с момента инициации команды остановки по трем степеням подвижности, имеющим наибольшие диапазоны перемещения, в соответствии с метрикой, представленной в приложении В;

o) характеристики связанных с безопасностью функций системы управления роботом, определенные в 5.4;

p) спецификации любых жидкостей и смазочных материалов, которые должны использоваться в системах смазки, торможения или трансмиссии внутри робота, включая руководство по правильному выбору, подготовке, применению и обслуживанию необходимых расходных материалов;

q) руководство по средствам для освобождения людей, зажатых роботом;

r) инструкции по перемещению степеней подвижности робота при выключенном питании, включая предупреждения, что сила тяжести и разблокирование тормозных устройств могут создать дополнительные опасности;

s) рекомендации по обучению персонала реагированию на аварийные или ненормальные ситуации;

t) информацию, определяющую границы диапазона перемещений и грузоподъемности, включая максимальную массу, положение центра тяжести изделия и устройства для его фиксации;

u) процедуры, позволяющие избежать ошибки регулировки при проведении технического обслуживания робота;

v) информацию о стандартах, которым должен соответствовать робот, включая те, которые были выпущены третьей стороной;

w) время реакции при определении потери сигнала связи для беспроводных выносных пультов;

x) информацию о незащищенных опасностях, связанных с предполагаемым использованием робота;

y) инструкции и предупреждения о том, что работа в ручном режиме должна осуществляться, когда все люди находятся за пределами защищенного пространства;

z) инструкции о том, что до выбора автоматического режима работы все приостановленные защитные устройства должны быть возвращены в состояние полной функциональности;

aa) инструкции по правильному хранению беспроводных выносных пультов при их наличии;

bb) информацию о времени отклика при потере связи беспроводными выносными пультами при их наличии;

cc) информацию о категории остановки при поступлении сигнала по каждой цепи защитной остановки.

Любые изменения или добавления к информации, поставляемой изготовителем, должны быть обеспечены стороной, которая производит изменение или добавление конфигурации робототехнической системы.

7.3 Маркировка

На каждый робот должна быть нанесена следующая четкая, разборчивая и долговечная маркировка:

a) фирменное наименование и полный адрес изготовителя и в соответствующих случаях авторизованного поставщика;

b) обозначение типа робота и номер модели или регистрационный номер (если имеется);

c) месяц и год изготовления;

d) масса и/или вес робота;

e) максимальная зона досягаемости и грузоподъемность;

f) данные о питании для электрических и, где это применимо, гидравлических и пневматических систем (например, минимальное и максимальное давление воздуха);

g) такелажные точки для целей транспортировки и установки, если необходимо.

Ограждения, защитные устройства и другие детали, являющиеся частью робота, но не встроенные в его конструкцию, должны быть четко обозначены с указанием их назначения. Должна быть обеспечена любая другая информация, необходимая для их установки.

Приложение А
(справочное)

Список существенных опасностей

В таблице А.1 приведен список существенных опасностей для робота и его подсистем.

Примечание — Список опасностей, приведенный в таблице А.1, взят из ИСО 12100.

Таблица А.1 — Список существенных опасностей

№	Тип или группа	Примеры опасностей		Раздел стандарта
		Причина	Потенциальное последствие	
1	Механические опасности	- перемещения (обычные и непредвиденные) любой части руки робота (включая движения в обратном направлении); - перемещения (обычные и непредвиденные) рабочего органа или любой подвижной части роботизированной ячейки; - перемещения (обычные и непредвиденные) внешних степеней подвижности; - отказ рабочего органа (отделение); - перемещение инструмента рабочего органа в позицию обслуживания; - непреднамеренное перемещение машин или частей роботизированной ячейки во время погрузо-разгрузочных работ; - падающие или отбрасываемые материалы и изделия; - непреднамеренное перемещение зажимных приспособлений или захватного устройства; - непреднамеренное отпускание инструмента; - непреднамеренное перемещение машины (машин), связанной с роботом; - манипуляции с изделиями и материалами, включая выбрасывание; - перемещение или вращение острого инструмента в рабочем органе; - перемещение частей робота; - перемещение детали с острой кромкой, удерживаемой роботом; - вращение инструмента рабочего органа; - вращение или перемещение связанной с роботом машины в роботизированной ячейке или ее инструмента; - вращательное движение любой степени подвижности робота; - болтающаяся одежда, длинные волосы; - между рукой робота и любым закрепленным объектом; - между рабочим органом и любым закрепленным объектом (ограждение, балка и т. п.); - невозможность покинуть роботизированную ячейку (через дверцу ячейки) для захваченного оператора в автоматическом режиме;	- раздавливание; - сдвигание; - порезы и отрезание; - запутывание; - затягивание или захватывание; - удар; - прокалывание; - трение, сдирание; - впрыск или выбрасывание жидкости или газа под большим давлением	Раздел 4, 5.2.1, 5.2.3, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8.4, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14

Продолжение таблицы А.1

№	Тип или группа	Примеры опасностей		Раздел стандарта
		Причина	Потенциальное последствие	
		- между зажимными приспособлениями, между узлами с возвратно-поступательными движениями, комплектующими; - манипулирование изделиями и материалами, включая выбрасывание; - перемещение или вращение острого инструмента в рабочем органе или на внешней степени подвижности, удерживаемой летали или связанном оборудовании; - непреднамеренное движение рабочего органа (специфично для шлифовальных кругов); - непреднамеренное движение или приведение в действие рабочего органа или связанного оборудования (включая внешние степени подвижности, управляемые роботом); - неожиданное высвобождение потенциальной энергии из накопленных запасов		
2	Электрические опасности	- контакт с токоведущими частями и соединениями; - путаница с разными напряжениями в системе; - контакт с дискретными компонентами в электрической (электронной) схеме, например, с конденсаторами; - воздействие дугового разряда; - процесс, в котором используется высокое напряжение или высокая частота, т. е. электростатическая окраска, индукционный нагрев; - сварочные приложения, использующие высокое напряжение	- электрический шок; - ожог или обваривание; - вдыхание токсичных испарений; - поражение глаз электрической искрой; - воздействие на кардиостимулятор	Раздел 4, 5.2.4, 5.2.5, 5.2.6, 5.2.7, 5.15
3	Термические опасности	- горячие поверхности, связанные с рабочим органом, оборудованием или обрабатываемой деталью; - контакт с дискретными компонентами в холодные поверхности или объекты; - взрывоопасная атмосфера, вызванная техпроцессом, например, краска (распыленные частицы, порошковая краска), огнеопасные растворители, пыль при шлифовке и измельчении; - воздействие экстремальных температур, необходимых для поддержания техпроцесса	- ожоги; - пожар, взрыв; - излучение от источников тепла; - вдыхание токсичных испарений; - обезвоживание	Раздел 4
4	Опасности от шума	- потеря устойчивости, дезориентация в рабочей зоне роботизированной ячейки; - невозможность двум людям, выполняющим работу, координировать свои действия с помощью обычного разговора; - высокий или отвлекающий уровень шума в окружающей среде, мешающий услышать или понять звуковые сигналы, предупреждающие об опасности; - долговременное воздействие повышенных уровней шума	- воздействие на слух и устойчивость, сознание; - воздействие на речевое взаимодействие, восприятие акустических сигналов; - потеря слуха	Шум исключен из области применения настоящей части ИСО 10218
5	Опасности от вибрации	- ослабление соединений, креплений, компонентов, что приводит к неожиданной остановке или выпадению деталей	- утомление; - неврологическое поражение; - сосудистые нарушения	Раздел 4, 5.2.3

Продолжение таблицы А.1

№	Тип или группа	Примеры опасностей		Раздел стандарта
		Причина	Потенциальное последствие	
6	Опасности от излучения	- электромагнитные помехи, влияющие на нормальную работу робота; - подверженность излучению, связанному с техпроцессом, например, от дуговой сварки, лазера	- ожоги; - болезнь	Раздел 4
7	Опасности от материалов/веществ	- обслуживание, смазка и замена компонентов, покрытых жидкостями; жидкости для охлаждения и техпроцесса; - неожиданные повреждения механических и электрических компонентов систем робота и защитных систем	- отравление; - вдыхание едких испарений и пыли; - ожоги	Раздел 4
8	Эргономические опасности	- плохо спроектированный пульт обучения, сенсорный экран человеко-машинного интерфейса или пульт оператора расположен слишком далеко или высоко; - плохо спроектированный пост загрузки/разгрузки; большое расстояние между расположением ящика с компонентами и зоной загрузки/разгрузки; - плохо спроектированные деблокирующие устройства; - неудачное расположение органов управления; - неадекватная работа органов управления; - трудно дотянуться, вызывая дополнительные опасности, из-за неправильного расположения органов управления; - трудно дотянуться, вызывая дополнительные опасности, из-за неправильного расположения компонентов, к которым должен быть доступ для выполнения действий по техническому обслуживанию (поиск неисправностей, ремонт, регулировка); - распознавание опасностей и опасных ситуаций затруднено из-за плохого освещения; - предметы в ограждениях, загораживающие свет; - элементы человеко-машинного интерфейса расположены слишком высоко или низко, чем требуется для удобного обзора	- утомление; - столкновения; - падение; - потеря сознания; - стресс; - последствие ошибки человека	Раздел 4, 5.3.3, 5.3.4, 5.14
9	Опасности, связанные с внешней средой, в которой используется машина	- проблемы конструкции, вызванные внешней средой, например, размещение в местах, подверженных землетрясениям; - неправильная идентификация реальной проблемы и попытка решить проблему путем неправильных или ненужных действий; - одно действие или отказ повышает серьезность вреда, например, пытаясь обойти острую кромку, вы вместо этого касаетесь горячей поверхности	- форс-мажор; - наведенные отказы; - небезопасное рефлексивное действие	Раздел 4
10	Комбинации опасностей	- неожиданные движения робота, его рабочего органа или связанного с ним оборудования; - непредсказуемое поведение робота из-за электромагнитных помех или скачка напряжения в источнике питания; - робот приводится в действие одним человеком, но это оказывается неожиданным для другого;	- восстановление подачи питания после прерывания; - внешние воздействия на источник питания; - непредвиденный запуск	Раздел 4, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5,

Окончание таблицы А.1

№	Тип или группа	Примеры опасностей		Раздел стандарта
		Причина	Потенциальное последствие	
		- неправильное понимание работы взаимодействующих роботов или одновременного движения; - команда остановки останавливает робот при незаконченном цикле работы; - скорость движения робота может настраиваться для разных заданий, выполняемых на разных скоростях; - сбои в системе управления, приводящие к открыванию фиксирующих устройств на рабочем столе или рабочего органа робота, что вызывает очень быстрое движение объектов под действием остаточных сил (инерции, тяжести, сжатых пружин/накопленной в них энергии); - сбои в системе управления, приводящие к отпусканию тормозов руки робота, что вызывает неожиданное движение элементов робота под действием остаточных сил (инерции, тяжести, сжатых пружин/накопленной в них энергии); - неожиданные движения робота, рабочих органов, дополнительных степеней подвижности или связанного с роботом оборудования; - отказ защитного устройства, приводящий к невыполнению им своих функций; - неправильное функционирование оборудования, связанного с роботом; - болтающиеся незакрепленные шланги и компоненты выпадают или закручиваются; - неправильно установленные компоненты, вызывающие неожиданные перемещения/опасности; - вращающиеся на высокой скорости детали отламываются или отсоединяются от мест своего крепления; - перегрузка руки робота или связанного с роботом оборудования, приводящая к поломке или изгибу механических компонентов; - контакты с выбросами, характерными для техпроцесса (например, при точечной сварке); - выход из строя устройств крепления деталей; - падение или переворот незакрепленных деталей робота или связанного с ним оборудования (которые удерживались на своем месте силой тяжести); - несчастные случаи, связанные с перемещением объектов, при вводе в эксплуатацию или выводе из нее; - детали могут выпадать, если они неправильно закреплены или установлены; - недостаточное освещение в рабочей зоне или роботизированной ячейке; - препятствия в пространстве роботизированной ячейки; - скользкий пол; - плохое размещение комплектующих изделий; - опасности, связанные с конкретным применением		5.2.6, 5.2.7, 5.3.2, 5.3.3, 5.4, 5.5, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10

Приложение В
(обязательное)

Показатели времени и расстояния остановки

Данные показатели должны применяться в информации по использованию в соответствии с 7.2, перечисление n), чтобы обеспечить единообразие данных от всех изготовителей. Данная информация необходима для расчета безопасного расстояния при применении защитных устройств. Чтобы данная информация была полезной и практичной, значения должны быть представлены с пошаговым изменением вплоть до максимальных условий, что позволит предсказать реальные условия выбега при остановке.

Тестирование должно осуществляться в условиях тестирования характеристик, описанных в ИСО 9283:1998, раздел 6, если это подходит для данного применения. Это относится к следующим факторам:

a) манипулятор должен быть прогрет до начала тестирования;

b) робот должен быть установлен согласно требованиям изготовителя;

c) должны быть обеспечены необходимые требования по питанию, температуре окружающей среды и т. п.;

d) должна быть использована подходящая процедура тестирования;

e) должен быть описан метод проведения измерений.

Изготовитель должен предсказать деградацию характеристик остановки при нормальном использовании робота и рекомендовать, когда необходимо произвести восстановительные работы.

Требования к данным заключаются в следующем:

- время остановки должно быть определено с момента выдачи команды остановки до момента прекращения движения всего манипулятора;

- значения могут быть получены с помощью моделирования, если они являются достоверными и обоснованными.

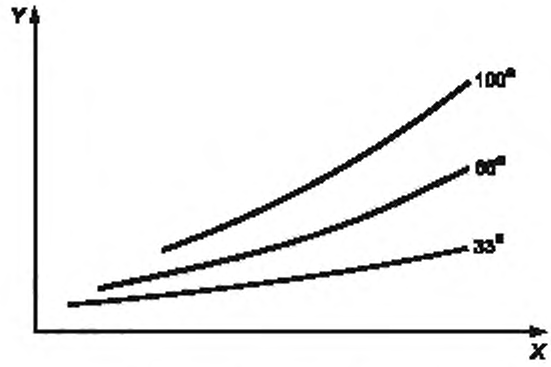
Примечание — Данные изменяются в зависимости от дополнительных задержек, вносимых особенностями системы управления и конфигурации, например, беспроводными выносными пультами.

Расстояние остановки должно быть определено как общее расстояние, пройденное после выдачи команды остановки. Расстояние должно быть представлено линейными или угловыми единицами в зависимости от особенностей робота.

Для остановки категории 0 в соответствии с МЭК 60204-1 достаточны процедуры измерения при максимальных условиях (т. е. максимальной скорости, максимальной нагрузке и максимальном перемещении). Если робот обеспечивает остановку категории 1, то должны быть представлены дополнительные данные и корректирующие коэффициенты. Для остановки категории 1 значения времени и расстояния остановки, зависящие от скорости, нагрузки и перемещения, должны быть указаны для 33, 66 и 100 % от максимальных значений. Если эти значения могут быть выведены на основании максимальных значений, исходя из конструкции робота, то должны быть указаны максимальные значения и формулы для вычисления промежуточных значений.

Значения, используемые для скорости, нагрузки и перемещения, должны быть представлены максимальными значениями. Описание того, как пользователь может самостоятельно измерить расстояние и время остановки в реальной роботизированной ячейке с реальным роботом и реальными инструментом и нагрузками, должно быть представлено изготовителем.

Данные должны быть представлены для трех степеней подвижности с максимальными диапазонами перемещения. Пример возможного представления данных показан на рисунке В.1.



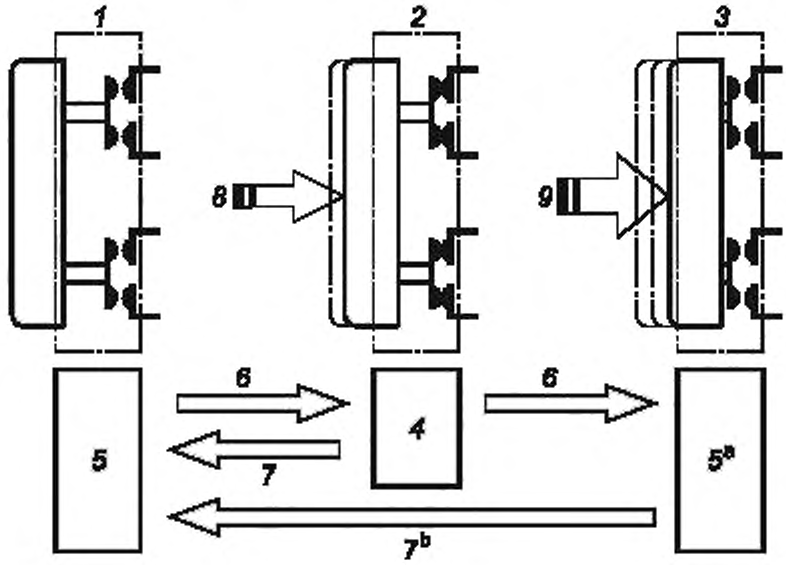
Обозначения. *X* — скорость в мм/с; *Y* — время остановки в с. *a* — нагрузка в %

Примечание — Зависимость времени остановки от скорости и нагрузки для остановки категории 1.

Рисунок В.1 — Пример графика времени остановки

Приложение С
(справочное)

Функциональные характеристики трехпозиционного деблокирующего устройства



Обозначения:

1 — положение 1;

2 — положение 2;

3 — положение 3;

4 — ВКЛЮЧЕНО;

5 — ВЫКЛЮЧЕНО;

6 — нажать;

7 — отпустить;

8 — надавить слегка;

9 — надавить сильно;

a — когда клавиша полностью нажимается в положение 3, контакт снова размыкается;

b — когда клавиша возвращается из положения 3 в положение 1, контакт остается разомкнутым без перехода в положение 2

Рисунок С.1 — Функциональные характеристики трехпозиционного деблокирующего устройства

Приложение D
(справочное)

Дополнительные возможности

D.1 Общие положения

Требования, установленные в разделах 4—7, являются минимальными для обеспечения безопасности робота. Многие дополнительные возможности могут быть добавлены для повышения безопасности робота, которые не являются обязательными требованиями обеспечения безопасности в традиционном смысле и не требуют специальных связанных с безопасностью рабочих характеристик, соответствующих ИСО 13849-1 или аналогичным стандартам.

Дополнительные возможности, представленные в данном приложении, приведены без какого-либо упорядочения по степени их важности или целесообразности. Роботы, снабженные данными возможностями, будут иметь большую гибкость при применении и повторном применении, а также улучшенные характеристики, связанные с безопасностью.

Примечания

1 Дополнительные возможности, представленные в D.2—D.4, очень важны для обеспечения гибкости при установке, даже в том случае, если робот повторно используется для применения, отличающегося от того, для которого он был первоначально сконструирован и сконфигурирован.

2 Дополнительные возможности, представленные в D.5—D.7, хотя и не являются непосредственно «связанными с безопасностью» возможностями, обеспечивают повышенную безопасность в роботизированных системах.

D.2 Функции выходного сигнала аварийной остановки

a) Возможностью функций выходного сигнала аварийной остановки, как было отмечено в 5.5.1, является обеспечение общей аварийной остановки (т. е. аварийная остановка робота приводит также к аварийной остановке всей роботизированной системы).

b) Возможность обеспечить функциональность устройства аварийной остановки без подачи питания на систему управления роботом в соответствии с 5.5.2.

D.3 Возможности деблокирующего устройства

a) Возможностью функций выходного сигнала деблокирующего устройства является обеспечение подключения деблокирующего устройства (устройств) в общую схему, управляющую несколькими роботами и оборудованием.

b) Возможность обеспечить объединение нескольких дополнительных деблокирующих устройств в единую схему деблокировки.

D.4 Выбор режима

a) Возможность предоставить информацию о состоянии выбора режима для связанной с безопасностью системы управления.

b) Выходной сигнал должен соответствовать 5.7.1.

D.5 Очувствление, позволяющее избегать столкновений

Для того чтобы обеспечить наибольшую эффективность в предотвращении нанесения вреда персоналу, робот должен останавливаться, издавать предупредительный сигнал, когда он почувствовал столкновение, и не перемещаться в другую позицию без вмешательства оператора.

D.6 Поддержание точности отработки траектории на всех скоростях

Данная возможность может ограничить необходимость контролировать перемещение робота из опасного положения.

D.7 Программное ограничение степеней подвижности и пространства с расчетной безопасностью

Как описано в 5.12.3, данные ограничения позволят создавать программируемые включающие и исключающие пространства.

D.8 Измерение характеристик остановки

Измерение и контроль характеристик остановки при их наличии должны обеспечивать одну или несколько из следующих возможностей:

a) выбор режима измерения и регистрации характеристик остановки по требованию;

b) выбор начального события для определения инициации остановки (например, входной сигнал защитного устройства, сигнал защитной остановки);

c) установку ограничений для предупреждения о том, что данные ограничения нарушены.

Приложение Е
(справочное)

Маркировка

В таблице Е.1 приведены примеры графических обозначений, которые могут быть использованы для обозначения режимов работы, определенных в 5.7. Дополнительный описательный текст может быть добавлен к графическим обозначениям для того, чтобы как можно яснее представить информацию о выборе режима и ожидаемых характеристиках.

Таблица Е.1 — Обозначения режимов работы робота

Пункт	Режим	Графическое обозначение	Ссылка на ИСО 7000
5.7.2	Автоматический		0017
5.7.3	Ручной на сниженной скорости		0096

Приложение F
(обязательное)

Средства верификации требований и мер обеспечения безопасности

В таблице F.1 представлены требования к конкретным характеристикам, которые определены как существенные для безопасности робота, для которых должна быть проведена верификация или валидация либо обе эти процедуры.

Замечания по использованию данной таблицы приведены в 6.3.

Таблица F.1 — Средства верификации требований и мер по обеспечению безопасности

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.2	**Общие требования**							
5.2.1	Постоянные или съемные кожухи, установленные для предотвращения контакта с такими опасными деталями, как валы двигателей, зубчатые передачи, приводные ремни или рычажные механизмы	X			X			
5.2.1	Постоянные кожухи, которые должны быть удалены при проведении планового технического обслуживания, со связанной с ними аппаратурой		X					X
5.2.1	Съемные кожухи, связанные с опасными движениями таким образом, что опасные движения останавливаются до того, как возникнет опасность		X	X	X	X		
5.2.1	Характеристики связанной с безопасностью системы управления блокировочного устройства соответствуют 5.4					X		
5.2.2	Отключение питания или нестабильное питание не приводит к опасности		X		X	X		
5.2.2	Повторное включение питания не вызывает движение		X		X	X		
5.2.2	Дополнительные защитные меры принимаются для защиты от опасностей, не защищенных конструкцией	X						X
5.2.2	Незащищенные опасности при использовании по назначению определены в информации по использованию						X	X
5.2.3	Компоненты роботов спроектированы, построены, закреплены или размещены так, чтобы опасности, вызванные поломкой, ослаблением крепления или высвобождением накопленной энергии, были минимальны	X	X		X			
5.2.4	Возможность блокировки или обеспечения безопасности положения при отключенном питании изолированных опасных источников энергии робота	X	X	X		X		
5.2.5	Средства, обеспечивающие контролируемый выпуск накопленной опасной энергии		X			X		X
5.2.5	Нанесение маркировки, обозначающей опасность от накопленной энергии	X						
5.2.6	Ожидаемые воздействия от электромагнитных помех (ЭМП), радиочастотных помех (РЧП) и электростатического разряда (ЭСР) не вызывают опасного движения		X	X		X		

Продолжение таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.2.7	Электрическое оборудование робота спроектировано и построено в соответствии с требованиями МЭК 60204-1	X	X			X		X
5.3	**Подвижные элементы управления**							
5.3.2	Подвижные элементы управления спроектированы или расположены так, чтобы не допускать непреднамеренных действий	X	X					
5.3.3	Состояние подвижных элементов управления четко идентифицировано	X	X		X			
5.3.3	Если используется индикаторная лампочка, то ее расположение и цвет соответствуют требованиям МЭК 60204-1	X			X			
5.3.4	Подвижные элементы управления имеют маркировку, четко обозначающую их функцию	X						
5.3.5	Когда робот находится под управлением локального выносного пульта или другого устройства обучения, инициация движения робота или изменение выбора устройства локального управления с любого другого источника не допускается		X		X	X		
5.4	**Характеристики связанной с безопасностью системы управления (аппаратные средства и программное обеспечение)**							
5.4.1	Характеристики связанной с безопасностью системы управления, которым соответствует оборудование, четко представлены в информации по использованию					X		X
5.4.1	Данные и критерии, необходимые для определения характеристик связанной с безопасностью системы управления, приведены в информации по использованию							X
5.4.2	Связанные с безопасностью части систем управления соответствуют УЭЗ = d, категории конструкции 3 или УПБ 2 с уровнем отказоустойчивости аппаратного обеспечения 1 и интервалом контрольных испытаний не менее 20 лет					X		X
5.4.2	Одиночные сбои выявляются при или перед следующим обращением к функции безопасности		X		X	X		
5.4.2	Когда происходит одиночный сбой, функция безопасности всегда выполняется, а безопасное состояние поддерживается до тех пор, пока выявленный сбой не будет исправлен		X		X	X		
5.4.2	Все реально предсказуемые сбои выявляются		X		X	X	X	
5.4.3	Выбор альтернативных рабочих характеристик, связанных с безопасностью, особо отмечен, и соответствующие ограничения и предупреждения включены в информацию по использованию		X		X	X	X	X
5.5	**Функции остановки робота**							
5.5.1	Каждый робот имеет функцию защитной остановки и независимую функцию аварийной остановки		X			X		
5.5.1	Функции остановки имеют возможность для соединения с внешними защитными устройствами	X				X		
5.5.2	Робот имеет одну или несколько цепей аварийной остановки					X		

Продолжение таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.5.2	Каждый пульт управления имеет инициируемую вручную функцию аварийной остановки	X	X			X		
5.5.2	Функция аварийной остановки может сбрасываться только вручную, разрешая произвести перезапуск робота, но не вызывая сам перезапуск	X	X		X	X		X
5.5.2	Выбор остановки категории 0 или 1 определен с помощью оценивания рисков						X	
5.5.2	Если имеется выходной сигнал аварийной остановки, то он не выключается, когда у робота отключается питание, либо генерируется сигнал аварийной остановки, если выходной сигнал не продолжает выдаваться		X			X		
5.5.2	Устройство аварийной остановки соответствует МЭК 60204-1 и ИСО 13850	X	X		X	X		
5.5.3	У робота есть одна или несколько функций защитной остановки с возможностью внешних соединений		X			X		
5.5.3	Характеристики функции защитной остановки соответствуют требованиям из 5.4					X		X
5.5.3	Данная функция остановки вызывает остановку движения всего робота, отключает или контролирует подачу питания на приводы робота и обеспечивает управление любыми другими опасностями, контролируемыми системой управления роботом		X		X	X		
5.5.3	По крайней мере одна функция защитной остановки относится к категории 0 или 1		X		X	X		
5.5.3	Если имеется дополнительная функция защитной остановки, относящаяся к категории остановки 2, то любое непреднамеренное движение робота, находящегося в состоянии контролируемого покоя, или выявление сбоя функции защитной остановки вызывает остановку категории 0 в соответствии с МЭК 60204-1		X			X		
5.5.3	Характеристики функции безопасного и контролируемого состояния покоя при ее наличии соответствуют 5.4					X		
5.5.3	Информация по использованию содержит описание категории остановки для каждого входа схемы реализации защитной остановки							X
5.6	**Управление на сниженной скорости**							
5.6.1	Скорости фланца, к которому крепится рабочий орган робота, и выбранной ЦТИ управляются при выбранных значениях		X	X		X		
5.6.1	Обеспечено задание смещения, чтобы иметь возможность управлять скоростью ЦТИ	X	X	X				X
5.6.2	При работе на сниженной скорости скорость ЦТИ не превышает 250 мм/с		X	X				
5.6.3	При наличии управления на сниженной скорости с расчетной безопасностью оно соответствует 5.4.2, чтобы в случае события, связанного с неисправностью, скорость не превышала заданного предела для сниженной скорости		X	X		X		

Продолжение таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.6.4	Скорость ЦТИ контролируется в соответствии с 5.4.2		X		X	X		
5.6.4	Если скорость превышает выбранный предел, то инициируется защитная остановка		X		X	X		
5.7	**Режимы работы**							
5.7.1	Режимы работы выбираются с помощью переключателя режимов, который может фиксироваться в каждой позиции	X	X					
5.7.1	Каждая позиция переключателя четко обозначена и позволяет выбирать только один режим работы	X	X					
5.7.1	Альтернативные средства выбора однозначно обозначают выбранный режим работы и сами по себе не инициируют движение робота или другие опасности	X	X		X	X		
5.7.1	Дополнительные выходные сигналы для индикации выбранного режима, используемые для связанных с безопасностью целей, соответствуют 5.4		X			X		
5.7.2	Защитные меры функционируют, когда функциональная программа робота выполняется в автоматическом режиме		X		X	X		
5.7.2	Автоматическая работа не разрешена, если выявлено любое условие для остановки		X			X		
5.7.2	Переключение из автоматического режима вызывает остановку робота		X		X	X		
5.7.3	Режим ручного управления на сниженной скорости соответствует требованиям из 5.3.4 и 5.6	X	X			X		
5.7.3	Режим ручного управления на сниженной скорости позволяет человеку управлять роботом		X		X	X		
5.7.3	Ручное управление из защищенной зоны осуществляется на сниженной скорости только при удерживаемом органе управления и наличии деблокирующего устройства		X			X		
5.7.3	Информация по использованию содержит инструкции, что работа в ручном режиме по возможности должна выполняться только тогда, когда все люди находятся вне защищенного пространства							X
5.7.3	Информация по использованию содержит инструкции, что приостановленные защиты должны быть возвращены в полную функциональность до выбора автоматического режима							X
5.7.4	Для выбора требуется сознательное действие и дополнительное подтверждающее действие		X		X	X		
5.7.4	Начальная скорость при выборе не превышает 250 мм/с	X	X	X	X	X		
5.7.4	Выносной пульт, соответствующий 5.8, с функцией управления при удерживаемом органе управления является дополнением к деблокирующему устройству	X	X		X	X		
5.7.4	Применены средства для пошаговой регулировки скорости от начального значения до полного запрограммированного значения за несколько шагов	X	X		X	X		
5.7.4	На выносном пульте отображается настроенная скорость	X	X		X			

Продолжение таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.7.4	Скорость робота ограничена начальным значением скорости, когда переключатель на деблокирующем устройстве заново помещается в среднее деблокирующее положение после того, как он был отпущен или полностью нажат		X		X	X		
5.7.4	Факультативно, отдельное сознательное действие требуется для возврата к более высокой скорости, которая была выбрана перед тем, как переключатель деблокирующего устройства был отпущен или нажат		X		X	X		
5.7.4	Опция по возобновлению движения на более высокой скорости с использованием отдельного действия становится недействующей по прошествии не более пяти минут после отпускания деблокирующего устройства		X		X	X		
5.7.4	Информация по использованию содержит необходимые инструкции и предупреждения о том, что по возможности ручной режим управления должен осуществляться только тогда, когда все люди находятся за пределами защищенного пространства							X
5.7.4	Информация по использованию инструктирует, что любые приостановленные защиты должны быть возвращены в состояние полной функциональности до того, как будет выбран автоматический режим работы							X
5.8	**Органы управления выносного пульта**							
5.8.2	Движение робота инициируется с выносного пульта или устройства управления обучением в режиме управления на сниженной скорости, как описано в 5.6		X	X		X		
5.8.2	Если органы управления обеспечивают выбор ручного управления на высокой скорости, то робот соответствует требованиям из 5.7.4		X		X	X		
5.8.3	Выносной пульт оснащен трехпозиционным деблокирующим устройством	X	X			X		
5.8.3	Если переключатель постоянно находится в среднем деблокирующем положении, то деблокирующее устройство разрешает движение робота, при этом любые другие опасности контролируются роботом		X		X	X		
5.8.3 a)	Деблокирующее устройство работает независимо от всех других функций или устройств управления движением		X			X		
5.8.3 b)	Отпускание деблокирующего устройства или нажатие из центрального положения останавливает опасности		X		X	X		
5.8.3 c)	Перевод переключателя из полностью нажатого положения в центральное положение не дает разрешение на движение робота		X		X	X		
5.8.3 d)	На деблокирующем устройстве имеется несколько переключателей: когда только один переключатель находится в центральном положении, его отпускание или нажатие из центрального положения останавливает опасности		X		X	X		X

Продолжение таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.8.3 d)	На деблокирующем устройстве имеется несколько переключателей: нажатие любого переключателя из среднего положения вызывает защитную остановку		X		X	X		X
5.8.3 d)	На деблокирующем устройстве имеется несколько переключателей: если более одного переключателя находятся в центральном положении, то отпускание дополнительных переключателей не вызывает защитную остановку		X		X	X		X
5.8.3 d)	Информация по использованию содержит описание двойной функциональности деблокирующего переключателя и предупреждение о существовании потенциальной опасности							X
5.8.3 e)	Несколько деблокирующих устройств: движение невозможно до тех пор, пока все деблокирующие устройства не будут находиться в центральном положении		X		X	X		
5.8.3 f)	Падение деблокирующего устройства не приводит к ошибке, которая допускает возможность возобновления движения		X					
5.8.3 g)	Деблокирующий выходной сигнал инициирует условие остановки, когда связанный с безопасностью источник питания выключен		X			X		
5.8.3 g)	Деблокирующий выходной сигнал соответствует 5.4		X			X		
5.8.3 h)	Защитная остановка инициируется при смене режима работы, даже если деблокирующее устройство находится в центральном положении		X		X	X		
5.8.3 h)	После смены режима при деблокирующем устройстве, находящемся в центральном положении, деблокирующее устройство должно быть отпущено и снова возвращено в центральное положение, чтобы питание приводов снова было подано		X		X	X		
5.8.4	Выносной пульт имеет функцию остановки в соответствии с 5.5.2	X	X			X		
5.8.4	Функция аварийной остановки выносного пульта использует устройство, вид которого соответствует виду устройства аварийной остановки в соответствии с ИСО 13850	X				X		X
5.8.5	Автоматический режим работы не может быть запущен исключительно с выносного пульта		X		X	X		
5.8.5	Обеспечены средства для отдельного подтверждения действия, находящиеся вне защищенной зоны		X		X	X		
5.8.6	Обеспечена визуальная индикация состояния, когда выносной пульт активен	X	X		X	X		
5.8.6	Потеря связи с выносным пультом вызывает защитную остановку		X			X		
5.8.6	Восстановление связи не вызывает возобновления движения робота без отдельного сознательного действия		X			X		
5.8.6	Путаница между активными и неактивными устройствами аварийной остановки преодолена с помощью соответствующего запоминания или конструкции	X	X			X		

Продолжение таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.8.6	Информация по использованию содержит описание запоминания или конструкции							X
5.8.6	Максимальное время отклика при передаче данных и при потере связи приведено в информации по использованию		X			X		X
5.8.7	Возможность управления несколькими роботами соответствует требованиям из 5.9		X		X	X		
5.9	**Управление одновременным движением**							
5.9.1	Выносной пульт обучения имеет возможность управлять движениями одного или нескольких роботов независимо или одновременно		X		X	X		
5.9.1	При управлении в ручном режиме все функции системы роботов находятся под управлением одного выносного пульта	X	X		X	X		
5.9.2	Имеется возможность нахождения одного или нескольких роботов в состоянии отключенных приводов		X		X	X		
5.9.2	Все роботы, выбранные для одновременного движения, находятся в одном режиме работы и в одинаковом состоянии перед началом движения	X	X		X	X		
5.9.2	Каждый робот должен быть выбран перед тем, как он сможет двигаться, а на месте выбора обеспечена индикация, какие роботы выбраны	X	X			X		
5.9.2	Обеспечена индикация, ясно видимая из защищенной зоны, показывающая роботов, находящихся в активном состоянии	X	X			X		
5.9.2	Неожиданный запуск любых невыбранных роботов невозможен; данная функция соответствует требованиям из 5.4		X			X		
5.10	**Требования к совместной работе**							
5.10.1	Роботы, предназначенные для совместной работы, снабжены индикацией состояния, когда робот выполняет совместную работу	X	X		X	X		
5.10.1	Роботы соответствуют одному или нескольким требованиям из 5.10.2—5.10.5		X		X	X		
5.10.2	Робот останавливается, когда человек находится в совместном рабочем пространстве		X		X	X		
5.10.2	Функция остановки соответствует 5.4 и 5.5.3		X		X	X		
5.10.2	При использовании остановки категории 2, состояние покоя контролируется связанной с безопасностью системой управления в соответствии с 5.4		X		X	X		
5.10.2	Сбой связанной с безопасностью функции контролируемой остановки приводит к остановке категории 0		X		X	X		
5.10.3	Оборудование для проведения робота по траектории вручную расположено вблизи рабочего органа	X				X		
5.10.3	Оборудование для проведения робота по траектории вручную снабжено аварийной остановкой, соответствующей 5.5.2 и 5.8.4	X	X		X	X		

Продолжение таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.10.3	Оборудование для проведения робота по траектории вручную снабжено деблокирующим устройством, соответствующим 5.8.3	X	X		X	X		
5.10.3	Робот работает при активной связанной с безопасностью функции контролируемой скорости с ограничением скорости, определенным с помощью общей оценки рисков		X	X	X	X	X	
5.10.3	Функция контроля скорости соответствует 5.4		X		X	X		
5.10.3	Если контролируемая скорость превышает заданное ограничение, то инициируется защитная остановка		X			X		
5.10.4	Робот способен поддерживать заданную скорость и безопасное расстояние		X	X		X		
5.10.4	Функции контроля скорости и безопасного расстояния соответствуют 5.4.2		X			X		
5.10.4	Сбой в поддержании заданной скорости или безопасного расстояния приводит к защитной остановке		X	X		X		
5.10.4	Применение совместной работы определено с помощью общей оценки рисков					X	X	
5.10.4	Информация по использованию содержит руководство по применению значений скорости и безопасных расстояний							X
5.10.4	Для проектирования совместных операций использован ИСО 10218-2		X			X		X
5.10.5	Робот ограничивает динамическую выходную мощность, статическое усилие и скорость или энергию в соответствии с 5.4		X	X		X		
5.10.5	Если превышено ограничение по любому параметру, то инициируется защитная остановка		X	X		X		
5.10.5	Применение совместной работы определено с помощью общей оценки рисков на стадии проектирования прикладной системы		X			X	X	
5.10.5	Информация по использованию содержит подробное описание задания ограничений параметров для системы управления роботом							X
5.11	**Защита в точках сингулярности**							
5.11	Система управления роботом останавливает движение и выдает предупреждение до того, как робот пройдет через точку сингулярности или скорректирует траекторию, чтобы ее избежать, при координированном движении, инициированном с пульта обучения		X	X	X			
5.11	Система управления роботом генерирует звуковой или визуальный предупреждающий сигнал и продолжает двигаться через точку сингулярности со скоростью в каждой степени подвижности руки робота, ограниченной максимальным значением 250 мм/с		X	X	X		X	
5.11	В случае если сингулярность может контролироваться без какого-либо опасного движения, то дополнительная защита не требуется		X		X	X	X	

Продолжение таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.12	**Ограничение степеней подвижности**							
5.12.1	Средства для установки регулируемых механических упоров применены для ограничения движений по главной степени подвижности	X	X					X
5.12.1	Робот соответствует 5.12.2 или 5.12.3 либо обоим (исключением является ограничивающая конструкция, созданная при проектировании)	X	X			X		
5.12.1	Если робот достигает ограничения по главной степени подвижности, то он останавливается		X			X		
5.12.2	Для второй и третьей степеней подвижности предусмотрены регулируемые механические и немеханические ограничивающие устройства	X				X		X
5.12.2	Механические упоры способны остановить движение робота при номинальной нагрузке, максимальных скоростях и на максимальном и минимальном вылете	X	X	X		X		
5.12.2	Тестирование механических жестких упоров проводилось без использования вспомогательных устройств для остановки	X			X			
5.12.2	Характеристики цепей управления электромеханических ограничивающих устройств соответствуют требованиям из 5.4		X			X		
5.12.2	Система управления роботом и функциональные программы не изменяют уставок электромеханических ограничивающих устройств		X			X		
5.12.2	Информация по использованию содержит данные о времени остановки при максимальной скорости для электромеханических ограничивающих устройств, включая контрольное время и расстояние, пройденное до полной остановки							X
5.12.3	При использовании программных ограничений с расчетной безопасностью ограниченная зона определяется, исходя из реально ожидаемой позиции остановки, которая рассчитывается для перемещения до полной остановки		X	X	X	X		
5.12.3	Возможность использования программных ограничений с расчетной безопасностью (если она предоставлена) отражена в информации по использованию							X
5.12.3	Управляющие программы, использующие программные ограничения с расчетной безопасностью, соответствуют 5.4		X			X		
5.12.3	Управляющие программы для программных ограничений с расчетной безопасностью изменяются только авторизованным персоналом		X			X		
5.12.3	При нарушении программного ограничения с расчетной безопасностью инициируется защитная остановка		X			X		
5.12.3	Движение для исправления нарушения программного ограничения с расчетной безопасностью осуществляется в режиме управления на сниженной скорости		X	X				

Продолжение таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.12.3	Информация о действующих уставках и конфигурации ограничений безопасности может быть просмотрена и документирована с уникальным идентификатором, поэтому изменения конфигурации могут быть легко идентифицированы	X						X
5.12.3	Информация по использованию содержит данные о времени остановки при максимальной скорости для программных ограничений с расчетной безопасностью, включая контрольное время и расстояние, пройденное до полной остановки							X
5.12.3	Выходные сигналы пространства с расчетной безопасностью, используемые в приложениях с динамически ограниченными пространствами, соответствуют 5.4		X			X		
5.12.3	Конфигурация аппаратуры, формирующей выходные сигналы, описана в информации по использованию							X
5.12.3	Программное ограничение с расчетной безопасностью не может быть изменено без повторной инициализации, связанной с безопасностью подсистемы, и не может быть реконфигурировано во время автоматического выполнения программы задания		X			X		
5.12.3	Авторизация на проведение изменений программного ограничения с расчетной безопасностью защищена и надежна		X			X		
5.12.3	Если используются программные ограничения с расчетной безопасностью, то они всегда активизируются при включении питания		X			X		
5.12.4	Динамически ограничивающие устройства и связанные с ними системы управления способны останавливать движение робота при номинальной нагрузке и скорости, а связанные с безопасностью системы управления соответствуют 5.4.2, если только при общей оценке рисков не было определено, что требуется другая категория остановки		X	X	X	X		
5.13	**Движение без подачи питания на приводы**							
5.13	Робот спроектирован так, что оси могут перемещаться одним человеком (если нужно) без использования приводов в аварийных и ненормальных ситуациях	X	X		X	X		
5.13	Органы управления легко доступны, но защищены от непреднамеренного использования	X						
5.13	Инструкции по перемещению вручную приведены в информации по использованию наряду с рекомендациями по обучению персонала при возникновении аварийных или ненормальных ситуаций							X
5.13	Информация по использованию содержит предупреждения, что сила тяжести и отпускание тормозных устройств могут создать дополнительные опасности							X
5.13	Предупреждающие надписи помещены около органов управления перемещением, если это практически оправдано	X						

Окончание таблицы F.1

Подраздел	Применяемые требования и/или меры по обеспечению безопасности	Метод верификации и/или подтверждения соответствия (см. 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.14	**Средства для подъема робота**							
5.14	Инструкции и средства для подъема робота и связанных с ним компонентов обеспечены и адекватны работе с ожидаемым грузом	X	X		X			X
5.15	**Электрические разъемы**							
5.15	Электрические разъемы, которые могут вызвать опасность при их разъединении или поломке, спроектированы и построены так, чтобы не допустить непреднамеренного разъединения	X	X					
5.15	Разъемы снабжены средствами для предотвращения неправильного соединения	X						

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
ISO 9283:1998	IDT	ГОСТ Р 60.33.1—2016/ИСО 9283:1998 «Роботы промышленные манипуляционные. Рабочие характеристики и соответствующие методы тестирования»
ISO 10218-2	IDT	ГОСТ Р 60.1.2.2—2016/ИСО 10218-2:2011 «Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Часть 2. Робототехнические системы и их интеграция»
ISO 12100	MOD	ГОСТ Р 54125—2010 (ИСО 12100:2010) «Безопасность машин и оборудования. Принципы обеспечения безопасности при проектировании»[1)]
ISO 13849-1:2006	IDT	ГОСТ ISO 13849-1—2014 «Безопасность оборудования. Элементы систем управления, связанные с безопасностью. Часть 1. Общие принципы конструирования»
ISO 13850	—	*
IEC 60204-1	IDT	ГОСТ Р МЭК 60204-1—2007 «Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования»
IEC 62061:2005	IDT	ГОСТ Р МЭК 62061—2015 «Безопасность оборудования. Функциональная безопасность систем управления электрических, электронных и программируемых электронных, связанных с безопасностью»

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

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

[1)] Действует также ГОСТ ISO 12100—2013 «Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска».

Библиография

[1] ISO/IEC Guide 51, Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards

[2] ISO 7000, Graphical symbols for use on equipment — Index and synopsis

[3] ISO 8373:1994, Manipulating industrial robots — Vocabulary

[4] ISO 9409 (all parts), Manipulating industrial robots — Mechanical interfaces

[5] ISO 9946, Manipulating industrial robots — Presentation of characteristics

[6] ISO 13851, Safety of machinery — Two-hand control devices — Functional aspects and design principles

[7] ISO 13855, Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body

[8] ISO 14118, Safety of machinery — Prevention of unexpected start-up

[9] ISO 14119, Safety of machinery — Interlocking devices associated with guards — Principles for design and selection

[10] ISO 14120, Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards

[11] ISO/TS 15066, Robots and robotic devices — Safety requirements — Industrial collaborative workspace

[12] ISO/TR 23849, Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery

[13] IEC 61000-6-2, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments

[14] IEC 61000-6-4, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments

[15] IEC 61496-2, Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment — Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices (AOPDs)

[16] IEC 61800-5-2, Adjustable speed electrical power drive systems — Part 5-2: Safety requirements — Functional

УДК 656.072.681.3:006.354 ОКС 25.040.30

Ключевые слова: роботы, робототехнические устройства, требования по безопасности, безопасность роботов, промышленные роботы, функциональная безопасность

Редактор переиздания *И.Е. Мосур*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 11.09.2020. Подписано в печать 14.10.2020. Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 5,05.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

ОКС 25.040.40

Поправка к ГОСТ Р 60.1.2.1—2016/ИСО 10218-1:2011 Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Часть 1. Роботы

В каком месте	Напечатано	Должно быть
Библиографические данные	ОКС 25.040.40	ОКС 25.040.30

(ИУС № 7 2017 г.)

gost.e-ecolog.ru