ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 60.1.2.4— 2020/ ISO/TR 20218-1: 2018

Роботы и робототехнические устройства

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Часть 1

Рабочие органы

(ISO/TR 20218-1:2018, Robotics — Safety requirements for industrial robots — Part 1: End-effectors, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 141 «Робототехника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2020 г. № 1294-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу ISO/TR 20218-1:2018 «Робототехника. Требования безопасности для промышленных роботов. Часть 1. Рабочие органы» (ISO/TR 20218-1:2018 «Robotics — Safety requirements for industrial robots — Part 1: End-effectors», IDT).

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

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© ISO, 2018 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2020

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Оценка риска 2
4.1 Общие положения 2
4.2 Ограничения для рабочих органов 3
4.3 Идентификация опасности 3
4.4 Предварительная оценка риска 4
4.5 Оценка степени риска 4
4.6 Остаточные риски 4
5 Требования безопасности и снижение риска 5
5.1 Общие положения 5
5.2 Меры по снижению риска 5
5.3 Характеристики системы управления, связанные с безопасностью 7
5.4 Рабочие органы захватного типа 7
5.5 Специализированные рабочие органы 8
5.6 Рабочие органы для управляемых вручную роботов 9
5.7 Системы смены рабочего органа (устройства смены инструмента) 10
6 Верификация и валидация 10
7 Информация для пользователя 10
7.1 Общие положения 10
7.2 Инструкции 11
Приложение А (справочное) Практические примеры оценки риска для рабочего органа 12
Приложение В (справочное) Примеры конструкций захватных устройств и их характеристик безопасности 15
Приложение С (справочное) Примеры опасностей, их возможного происхождения и последствий . . 16
Приложение D (справочное) Примеры опасностей, вызываемых функциями рабочего органа 19
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам 21
Библиография 22

Введение

Стандарты комплекса ГОСТ Р 60 распространяются на роботов и робототехнические устройства. Целью стандартов 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 промышленных роботов. Он идентичен международному документу ISO/TR 20218-1:2018, разработанному техническим комитетом ИСО/ТК 299 «Робототехника».

Настоящий стандарт содержит рекомендации для рабочих органов робототехнических комплексов, включая приложения, в которых робототехнический комплекс и операторы работают в одном рабочем пространстве. При этом большое значение имеет конструкция рабочего органа, в частности, такие характеристики как форма, вид поверхности, а также характеристики, связанные с выполняемой функцией (например, усилие зажима, остаточное присутствие рабочего материала, температура).

ИСО 10218-2:2011 определяет всестороннюю оценку рисков. Настоящий стандарт содержит дополнительные указания, относящиеся к рабочим органам, которые могут быть полезными при оценке рисков в соответствии с ИСО 10218-2:2011.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Роботы и робототехнические устройства

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Часть 1

Рабочие органы

Robots and robotic devices. Design of industrial robotic systems with safety requirements.
Part 1. End-effectors

Дата введения — 2021—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт содержит указания по мерам безопасности при проектировании и интеграции рабочих органов, используемых в робототехнических комплексах, включая:

- производство, проектирование и интеграцию рабочих органов;
- необходимую информацию для пользователя.

Настоящий стандарт содержит дополнительные указания по безопасности интеграции робототехнических комплексов, определенных в ИСО 10218-2:2011.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие международные стандарты. Для датированных ссылок следует использовать указанное издание, для недатированных ссылок — последнее издание указанного документа (включая все изменения):

ISO 10218-1:2011, Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots (Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Часть 1. Роботы)

ISO 10218-2:2011, 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. Робототехнические комплексы и их интеграция)

ISO 11593, Manipulating industrial robots — Automatic end effector exchange systems — Vocabulary and presentation of characteristics (Промышленные манипуляционные роботы. Системы автоматической замены рабочего органа. Словарь и представление характеристик)

ISO 12100:2010, Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction (Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска)

ISO 14539:2000, Manipulating industrial robots — Object handling with grasp-type grippers — Vocabulary and presentation of characteristics (Промышленные манипуляционные роботы. Манипулирование объектами с помощью захватного устройства зажимного типа. Словарь и представление характеристик)

ISO/TS 15066:2016, Robots and robotic devices — Collaborative robots (Роботы и робототехнические устройства. Роботы для совместной работы)

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 12100, ISO/TS 15066:2016, ИСО 10218-1:2011, ИСО 10218-2:2011, ИСО 14539:2000, ИСО 11593, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК поддерживают терминологические базы данных для использования в документах по стандартизации по следующим адресам:

- платформа ИСО для онлайн-просмотра доступна по адресу gost.e-ecolog.ru;
- электропедия МЭК доступна по адресу http://www.electropedia.org.

3.1 **податливый** (compliant): Деформируемый под воздействием силы материал или механизм.

Пример — Податливое соединение, податливая поверхность.

Примечание 1 — Противоположным термину «податливый» является термин «жесткий».

Примечание 2 — Податливость определена в ИСО 8373:2012.

3.2 **механический интерфейс** (mechanical interface): Монтажная поверхность фланца *рабочего органа* (3.3) на конце манипулятора, к которой крепится рабочий орган.

[ИСО 8373:2012, 3.10, модифицировано — в начале определения добавлены слова «фланец рабочего органа», а примечание исключено]

3.3 **рабочий орган** (end-effector): Устройство, специально разработанное в соответствии с его функциональным назначением для закрепления на механическом интерфейсе (3.2) с целью обеспечить выполнение задания роботом.

***Пример — Захватное устройство* (3.4), сварочный пистолет, краскопульт и другие.**

Примечание 1 — В настоящем стандарте данный термин относится к рабочим органам робототехнических комплексов.

Примечание 2 — Рабочие органы иногда называют инструментом на конце руки (EOAT).

[ИСО 8373:2012, 3.11, модифицировано — слово «гайковерт» исключено из примера и добавлены примечания]

3.4 **захватное устройство** (gripper): *Рабочий орган* (3.3), сконструированный для захватывания объектов.

Примечание — Термины «удержание», «захват», «захватывание» и «отпускание» определены в ИСО 14539:2000.

[ИСО 8373:2012, 3.14, модифицировано — в определении слова «захватывание и удержание» заменены словами «захватывания объектов», а также добавлено примечание]

3.5 **зажимное приспособление** (fixture): Устройство, используемое в робототехническом комплексе для фиксации объекта в процессе обработки или сборки, но не в качестве *рабочего органа* (3.3).

3.6 **прикладная робототехническая система** (robot application): Система, включающая промышленный робототехнический комплекс [промышленного робота, *рабочие органы* (3.3), заготовки и детали, а также любые машины, оборудование, устройства, внешние вспомогательные степени подвижности и датчики, помогающие роботу выполнять задание] и любые препятствия или объекты в рабочем пространстве робототехнического комплекса, которые оказывают влияние на оценку риска в рабочем пространстве.

[ИСО 10218-1:2011, 3.11, модифицировано — переформулировано из определения термина «промышленная робототехническая система»]

4 Оценка риска

4.1 Общие положения

В данном разделе определены действия и факторы, имеющие особое значение для тех разделов оценки риска, которые касаются рабочих органов в прикладной робототехнической системе. В соответствии с ИСО 10218-2:2011, 4.3.1, при оценке риска учитывают риски, относящиеся ко всей прикладной робототехнической системе, включая робота, рабочие органы, заготовки и детали, а также зажимные приспособления, на протяжении всего ее жизненного цикла.

Согласно ИСО 10218-2:2011 первоначальный риск оценивают, исходя из предположения, что никакие меры по снижению риска не применялись. Это относится и к модификациям существующих прикладных робототехнических систем.

В данном разделе рассмотрены возможные ситуации контактов (как преднамеренных, так и непреднамеренных), а также предполагаемая возможность взаимодействия человека с рабочим органом (или рабочими органами, если их несколько).

Интегратор консультируется с пользователем при оценке рисков и проектировании рабочего пространства в соответствии с ИСО 10218-2:2011, 4.4.2. Целью этой консультации является учет всех разумно предсказуемых опасных ситуаций (комбинаций заданий и опасностей), связанных с роботизированной ячейкой, включая косвенные взаимодействия (например, лица, не имеющие отношение к работе данной системы, но подверженные связанным с ней опасностям). Интегратор отвечает за координацию совместных действий и за выбор надлежащих рабочих органов на основе требований к данной прикладной системе.

Результаты оценки риска документируют в соответствии с ИСО 12100:2010, 5.1 и раздел 7.

4.2 Ограничения для рабочих органов

Ограничения для рабочих органов следует учитывать при определении ограничений для всей робототехнической прикладной системы (см. ИСО 10218-2:2011, 4.3.2). Некоторые конкретные ограничения, относящиеся к рабочим органам, включают, но не ограничиваются ими:

a) ограничения на применение (описание функций, предполагаемого использования и разумно предсказуемого неправильного применения):
- автоматическое или ручное управление;
- прямое обучение;
- совместная или несовместная работа;

b) пространственные ограничения:
- станция замены рабочего органа;
- перемещение рабочего органа и обрабатываемой детали;
- изменение размеров рабочего органа и обрабатываемых деталей;

c) временные ограничения:
- ожидаемый срок эксплуатации рабочего органа или частей рабочего органа или удерживаемого инструмента;
- время работы системы замены рабочего органа.

Примечание — Отклонения длительности замены рабочего органа могут указывать на неисправность робототехнического комплекса или системы замены рабочего органа;

d) другие ограничения для рабочих органов:
- допустимые формы или геометрия обрабатываемых деталей;
- центр тяжести обрабатываемой детали;
- максимальная и минимальная полезная нагрузка;
- максимальное и минимальное усилие захватывания (см. ИСО 14539:2000, 3.1.5);
- максимальная и минимальная всасывающая сила вакуумной присоски;
- максимальная и минимальная характеристики магнитного притяжения;
- минимальное трение между захватывающими поверхностями (например, пальцами захватного устройства) и обрабатываемой деталью;
- физические свойства обрабатываемой детали, например, максимальный и минимальный размеры, податливость;
- максимальная скорость и/или ускорение;
- данные об окружающей среде, например, максимальная и минимальная температуры.

4.3 Идентификация опасности

4.3.1 Общие положения

В соответствии с ИСО 10218-2:2011, раздел 4, оценка риска должна идентифицировать все опасности, связанные с использованием по назначению и разумно предсказуемым неправильным применением рабочих органов. Опасности, связанные с рабочими органами, идентифицируют с помощью оценки риска на основе анализа задач (см. ИСО 10218-2:2011, 4.4). По согласованию с пользователем, интегратор определяет все задачи, связанные с рабочими органами. Эти задачи могут быть связаны

с рабочим режимом. Определено применение рабочего органа. В соответствии с ИСО 12100 примеры факторов, которые следует принимать во внимание, включают, но не ограничиваются ими:

a) транспортирование;

b) сборку и установку или ввод в эксплуатацию, например при наблюдении и контроле процесса;

c) настройку, например при обучении и тестировании программы робота;

d) обслуживание, например, повседневная работа оператора, не требующая разборки, такая как операции загрузки/разгрузки, вмешательство оператора, такое как устранение защемлений или подобные простые корректирующие операции;

e) очистку или наладку, например, усложненное взаимодействие с оператором, такое как работа с адаптивным зажимным приспособлением для вариативного представления обрабатываемой детали или сборки;

f) поиск неисправностей или устранение неполадок;

g) демонтаж или отключение.

Понимание взаимодействия между рабочими органами и другими частями прикладной робототехнической системы необходимо для идентификации опасностей.

В то время как сами опасности одинаковы для совместной и несовместной работы прикладных систем, воздействие этих опасностей на оператора может сильно различаться. Следовательно, наиболее характерные риски, которые следует учитывать, могут различаться в зависимости от того, используется ли рабочий орган в совместной прикладной системе или же он эксплуатируется только в несовместной среде.

4.3.2 Примеры опасностей, создаваемых рабочими органами и обрабатываемыми деталями

Примеры опасностей, которые могут быть вызваны рабочими органами и обрабатываемыми деталями, включают, но не ограничиваются, представленные в приложении D.

4.4 Предварительная оценка риска

Риск определен в ИСО 12100:2010 как сочетание вероятности нанесения вреда здоровью и степени тяжести этого вреда. В приложении А приведены практические примеры рисков, связанных с рабочими органами.

Опасности, связанные с рабочими органами и обрабатываемыми деталями, могут быть более или менее серьезными, чем опасности, связанные с движениями робота. В зависимости от предварительной оценки рисков, связанных с опасностями от рабочего органа и обрабатываемой детали, функции безопасности, используемые для контроля этих опасностей, имеют уровень эффективности защиты (PL) или уровень полноты безопасности (SIL) в соответствии с ИСО 10218-2:2011, 5.2.

Степень риска также зависит от того, использован ли в прикладной системе тип совместной работы, определенный в ИСО 10218-2:2011, 5.11. В зависимости от этого рассматривают и воздействие на оператора. Опасности одинаковы для совместных и несовместных приложений, хотя воздействие при этом может сильно различаться.

В соответствии с ИСО 12100 степень воздействия следует тщательно анализировать при проектировании рабочих органов, как для совместных, так и для несовместных приложений.

Примечание — ISO/TR 14121-2 содержит примеры инструментария для предварительной оценки риска.

4.5 Оценка степени риска

В соответствии с ИСО 12100 оценку степени риска следует выполнять после предварительной оценки риска для проверки того, в достаточной ли мере было достигнуто снижение риска.

4.6 Остаточные риски

В соответствии с ИСО 10218-2:2011, 7.1, информацию об идентифицированных остаточных рисках включают в информацию для пользователя. См. раздел 7.

5 Требования безопасности и снижение риска

5.1 Общие положения

В соответствии с ИСО 10218-2:2011 рабочие органы должны:

- быть разработаны и сконструированы в соответствии с ИСО 10218-2:2011, 5.3.10;
- соответствовать ИСО 10218-2:2011, 5.2, для любых функций управления, связанных с безопасностью.

Если рабочие органы предназначены для применения в прикладной системе для совместной работы с ограничением по мощности и усилию (PFL), то средства для установления пороговых предельных значений представлены в ISO/TS 15066:2016, приложение А.

Примечание 1 — Роботы и робототехнические комплексы с ограничением по мощности и усилию описаны в ИСО 10218-1:2011, 5.10.5, и ИСО 10218-2:2011, 5.11.5.5. В ISO/TS 15066:2016 приведена дополнительная информация. Данный раздел содержит подробное руководство для разработчиков типовых рабочих органов, интеграторов, выбирающих рабочие органы для прикладных робототехнических систем, а также интеграторов, проектирующих рабочие органы для конкретных прикладных робототехнических систем.

Примечание 2 — ИСО 10218-2:2011 требует, чтобы оценка риска выполнялась для каждого конкретного применения рабочего органа.

5.2 Меры по снижению риска

5.2.1 Форма и поверхности

В конструкциях рабочих органов и зажимных приспособлений могут быть предусмотрены конструктивные меры для уменьшения остроты кромок с тем, чтобы снизить усилия или давления при контакте с человеком (например, используя гладкие и податливые поверхности). Масса рабочего органа может быть выбрана настолько низкой, насколько это практически реализуемо, чтобы минимизировать усилия или давления, связанные с кратковременным контактом (например, минимизируя импульс и кинетическую энергию). Материалы, используемые для уплотнения и амортизации, а также деформируемые компоненты могут снизить передачу энергии удара.

Меры по снижению риска принимают с целью минимизации рисков, связанных с острыми кромками, и предотвращения движений, при которых кромки могут привести к неприемлемым контактным усилиям или давлениям. Могут быть реализованы защитные меры, такие как увеличение радиуса кромки, увеличение площади поверхности, изменение профилей кромок (например, использование фасок) или применение различных материалов для покрытия поверхностей. В ISO/TS 15066:2016 представлена дополнительная информация по применению роботов для совместных работ.

Кроме того, рабочий орган может быть сконструирован так, чтобы обеспечить защиту от опасностей, связанных с обрабатываемыми деталями.

5.2.2 Защитные устройства и функции, связанные с безопасностью

Защитные устройства и связанные с безопасностью системы управления, встроенные в рабочий орган или непосредственно с ним связанные, могут использоваться в некоторых прикладных робототехнических системах для снижения риска. Примеры защитных устройств и систем управления безопасностью включают, но не ограничиваются ими:

a) силовое очувствление (например, улучшенное силовое очувствление, которое является более чувствительным, чем силовое очувствление манипулятора):

- измерение приложенных усилий к поверхности рабочего органа и соответствующий контроль рабочего органа и/или робота как функция безопасности;

b) планирование траектории рабочего органа:

- если при некоторых ориентациях захватного устройства проявляются выступающие точки и/или острые кромки (например, винт, направленный в сторону отверстия, в которое робот его закручивает), то движение робота в этом направлении может быть сведено к минимуму, а скорость движения может быть уменьшена, чтобы снизить риски; функции с программным ограничением степени подвижности и пространства с расчетной безопасностью могут быть использованы, чтобы контролировать движения робота, а также ориентацию и пространственное расположение рабочего органа.

Примечание — ИСО 13854 содержит информацию о минимальных зазорах, позволяющих избежать раздавливания частей человеческого тела;

c) усилие удержания:

- если максимальное усилие удержания, развиваемое рабочим органом, превышает пределы безопасности, обусловленные оценкой риска, то усилие удержания, развиваемое рабочим органом, уменьшается и контролируется так, чтобы не превышать допустимых значений согласно ISO/TS 15066:2016;

d) контроль скорости:

- скорость робота, для которого предназначено захватное устройство, учитывают при конструировании захватного устройства;

- в ISO/TS 15066:2016 представлено руководство для приложений, в которых используется совместная с человеком работа;

- если движение рабочего органа управляется отдельно от робота, то предусматривают контроль остановки рабочего органа в дополнение к контролю остановки робототехнического комплекса;

e) датчик присутствия:

- такой датчик (например, датчик близости, движения, изображения) может быть использован для обнаружения заготовки или детали, которая потенциально может нанести травму оператора;

- чтобы снизить риск, связанный с возможным контактом с движущимся рабочим органом во время выполнения совместной работы, могут быть использованы средства очувствления, например для того, чтобы отключить срабатывание рабочего органа, когда он коснется оператора, или когда оператор находится в пределах зоны обнаружения вокруг рабочего органа;

- данные устройства соответствуют применимым частям МЭК 61496; интеграцию таких устройств выполняют в соответствии с ИСО 10218-2:2011, 5.2;

f) податливое соединение (например, гибкое соединение между механическим фланцем робота и рабочим органом):

- податливые соединения и механизмы в захватном устройстве могут поглощать энергию контакта; переданное усилие, движение или энергия, приложенные к податливым соединениям, рассеиваются так, чтобы снизить риск и не привести к возникновению новых рисков;

- датчик или функцию безопасности можно использовать для инициирования защитной остановки;

- для прикладных робототехнических систем с ограничением по мощности и усилию действующую силу для инициирования защитной остановки определяют в соответствии с ISO/TS 15066:2016, 5.5.5.

Примечание — Могут быть использованы устройства защиты от столкновений, энергопоглощающие материалы, пружины;

- сила или крутящий момент, которые рабочий орган может приложить к окружающей среде, могут быть ограничены, например с помощью механических сочленений, которые прогибаются при достижении определенного уровня силы или крутящего момента;

g) требования функциональной безопасности:

- требования функциональной безопасности в соответствии с ИСО 13849-1 определяют в результате процесса снижения риска;

- функции рабочего органа, связанные с безопасностью, проектируют в соответствии с ИСО 10218-2:2011, 5.2.

Примечание — Функции рабочего органа, связанные с безопасностью, могут быть обеспечены либо роботом, либо рабочим органом;

h) аварийную остановку:

- в соответствии с ИСО 10218-2:2011 функции аварийной остановки для рабочего органа и робота, на котором он установлен, относятся к одному уровню управления;

- в соответствии с ИСО 13850 активация данной функции, как минимум, ликвидирует или контролирует все опасности, связанные с роботом и рабочим органом;

- МЭК 60204-1 определяет требования к категориям аварийной остановки;

- в случае дополнительных рисков вследствие опасностей в остальной части прикладной системы оценка риска может потребовать, чтобы эти опасности были ликвидированы или контролировались также посредством той же функции.

5.2.3 Конструкция прикладной робототехнической системы

Изменения в конструкции прикладной робототехнической системы могут быть произведены для того, чтобы обеспечить адекватное снижение риска. Конструктивные факторы, которые могут быть учтены, включают, но не ограничиваются ими:

a) расстояния между рабочим органом, зажимным приспособлением или заготовкой и любыми препятствиями (например, стойками, колоннами зданий) во время выполнения обычных и ручных операций;

b) препятствия (например, стойки, транспортные тележки и другие объекты прикладной робототехнической системы) или посторонние объекты (например, проезжающая автоматическая самоходная тележка) и то, как они связаны с работой робототехнического комплекса;

c) ограждения и места входа/выхода робототехнического комплекса и прикладной робототехнической системы.

5.2.4 Меры по снижению риска, предпринимаемые пользователем

В соответствии с ИСО 12100:2010, рисунок 2, к организационным мерам относятся разработка и использование безопасных рабочих процедур, контроль, разрешение на работу системы, использование персонального защитного оборудования (PPE) и обучение работе с оборудованием и машинами, управлению изменениями прикладной робототехнической системы (например, с помощью профиля безопасности пользователя, пароля, контрольных сумм и других мер).

5.3 Характеристики системы управления, связанные с безопасностью

При реализации требований, установленных в 5.2.2, обеспечивается соответствие ИСО 10218-2:2011, 5.2, что включает обеспечение надлежащих характеристик систем управления, связанных с безопасностью.

В соответствии с ИСО 12100 оценка риска необходима для определения требуемого уровня эффективности защиты (PLr) функций безопасности, применительно к конкретному робототехническому комплексу. Системы управления, связанные с безопасностью (электрические, электронные, гидравлические, пневматические и программные), должны соответствовать ИСО 10218-2:2011, 5.2.2 или 5.2.3.

5.4 Рабочие органы захватного типа

5.4.1 Общие положения

Рабочие органы роботов часто представлены захватными устройствами, спроектированными для удержания заготовок и деталей. В общем случае существуют два принципа удержания объектов со своими преимуществами и недостатками, а именно, механического действия (например, захватывание или зажимание) и немеханического действия (например, вакуумные присоски и магнитные захватные устройства). Выбор принципа и механической конструкции должен осуществляться в зависимости от конкретного применения в соответствии с ИСО 10218-2:2011, 4.1.4. Конструкция и установка рабочих органов должны соответствовать ИСО 10218-2:2011, 5.3.10.

При выборе или проектировании захватного устройства для конкретного применения особенности и функции рабочего органа могут являться частью мер по снижению риска. К особенностям и функциям захватных устройств относятся, но не ограничиваются ими:

a) функция ручного перемещения или отпускания, используемая при отсутствии питания для освобождения зажатых пальцев или других частей тела.

Примечание 1 — Питание охватывает, но не ограничивается, электрическую, пневматическую, гидравлическую, кинетическую или накопленную энергию;

b) функция устойчивого удержания при отключении питания для предотвращения выпадения тяжелой заготовки или детали;

c) минимизация удерживающих сил, необходимая для достижения адекватного захватывания объекта вместо приложения максимальной силы;

d) требования ISO/TS 15066:2016, 5.5.5, применяют к контакту между захватным устройством или удерживаемой обрабатываемой деталью и оператором;

e) меры проектирования прикладной системы, при которых опасности раздавливания исключены (например, ограничение усилия с расчетной безопасностью при позиционировании роботом захватного устройства, предотвращение закрывания захватного устройства, если оно не находится в надлежащей позиции, достаточное пространство для пальцев оператора, чтобы они не были раздавлены при закрывании захватного устройства).

Примечание 2 — Примеры конструкций захватных устройств и их характеристики безопасности приведены в приложении В.

Примечание 3 — Таблица в приложении С содержит рекомендации по конкретным аспектам оценки риска для захватного устройства.

5.4.2 Захватные устройства зажимного типа

Как правило, обрабатываемые детали могут быть зафиксированы в захватных устройствах зажимного типа либо с помощью захвата по форме, либо с помощью захвата по усилию (см. ИСО 14539:2000, 3.2.1.2 и 3.2.1.3). В первом случае захватывающие поверхности геометрически повторяют форму обрабатываемой детали. Во втором случае обрабатываемая деталь удерживается за счет трения, создаваемого силой захватывания между обрабатываемой деталью и захватывающими поверхностями.

Некоторые захватные устройства могут иметь физическую способность развивать усилия, значительно превосходящие усилия, которые они обычно развивают при нормальной работе. Системы, управляющие захватными усилиями, могут иметь либо фиксированные, либо настраиваемые установки по усилию. Если сбой в системе управления захватным устройством может привести к неприемлемому риску в прикладной робототехнической системе, то связанная с безопасностью функция должна не допускать усилий, превышающих порог безопасности. Функция безопасности должна соответствовать ИСО 10218-2:2011, 5.2.

Если усилия регулируются, то интерфейс проектируют так, чтобы уставки и регулировки могли быть заданы согласованными значениями. Верификация уставок (например, с помощью индикации контрольной суммы) и защита от неавторизованных изменений (например, с помощью пароля) могут быть необходимы.

При использовании штыревых захватных устройств для взятия обрабатываемой детали с помощью протыкания ее поверхности штырями, иголками или крюками должна быть учтена острота штырей.

5.4.3 Вакуумные захватные устройства

Проблемой вакуумных захватных устройств является возможное выпадение удерживаемого объекта.

Если отключение вакуума может вызвать риск, то для снижения этого риска необходимо рассмотреть следующие возможности:

a) дублированные или разные вакуумные системы (каждая из которых способна удерживать объект),

b) управление, связанное с безопасностью, и генерация вакуума с необходимым значением PL;

c) предупреждающие сигналы (звуковые и визуальные) при отключении питания и возможности удержания объекта только в течение ограниченного периода времени (от нескольких секунд до нескольких минут).

Контрольные функции, связанные с безопасностью, должны соответствовать ИСО 10218-2:2011, 5.2.

5.4.4 Магнитные захватные устройства

Потеря или отпускание удерживаемого объекта из-за отключения питания или изменения магнитного поля являются проблемой для магнитных захватных устройств. Влияние магнитных полей должно учитываться при выборе и использовании магнитных захватных устройств.

При потере или отпускании удерживаемого объекта, вызывающем риск, необходимо рассмотреть следующие возможности для снижения данного риска:

a) разные или дублированные магнитные системы (каждая из которых способна удерживать объект);

b) управление, связанное с безопасностью, и генерация магнитного поля с необходимым значением PL;

c) предупреждающие сигналы (звуковые и визуальные) при отключении питания и возможности удержания объекта только в течение ограниченного периода времени (от нескольких секунд до нескольких минут).

Активацию и деактивацию магнитного захватного устройства следует контролировать в соответствии с ИСО 10218-2:2011, 5.2.

5.5 Специализированные рабочие органы

5.5.1 Общие положения

Существуют специализированные рабочие органы, выполняющие определенные задания по отношению к обрабатываемой детали или ее окружению, но не манипулирующие ей посредством захватывания (см. 5.4). Если оператор подвергается опасностям, вызванным применением такого рабочего органа, то рабочий орган должен быть сконструирован так, чтобы воздействие опасных факторов, связанных с его работой, было снижено до приемлемого уровня.

5.5.2 Примеры применения

Примеры применения включают, но не ограничиваются ими:

a) соединение/сборка/приклеивание/осмотр (например, сварка, лазерная обработка, ощупывание, измерение, прессование, нанесение клея, герметизация, клепка);

b) закрепление (например, гайковерт с регулируемым крутящим моментом);

c) удаление материала/резка/обрезка/шлифовка/полировка/снятие заусенец/ пескоструйная обработка (например, с помощью лазера, водоструйного аппарата, сверления);

d) нанесение/покрытие/распыление (например, нанесение клея или краски, литье, инжекционное формование);

e) использование эмиссионных технологий (например, лазерная обработка, водоструйная резка, обработка излучением или ультразвуком).

5.5.3 Снижение риска

5.5.3.1 Общие положения

Дополнительные методы проектирования (см. 4.3 и 5.3) включают, но не ограничиваются ими:

a) ограничение опасностей (например, с помощью ограждений или экранирования);

b) локализацию опасностей так, чтобы они не могли воздействовать на оператора;

c) использование функции блокировки, зависящей от ориентации рабочего органа,

d) уменьшение совместного рабочего пространства при возникновении опасности (например, зонирование, использование функций ориентации робота с расчетной безопасностью);

e) выделение областей, в которых могут возникать неожиданные опасные процессы;

f) предупреждение оператора до и во время опасного процесса, а также в течение некоторого времени после окончания такого процесса (например, предупреждающие символы, подсвеченные знаки, звуковые сигналы);

g) установление последовательности операций на основе условий, а не таймеров (например, в зависимости от температурного диапазона или от убранных лезвий);

h) проектирование рабочего пространства с подходящим доступом при использовании дополнительных индивидуальных средств защиты (например, защита слуха или зрения, использование сварочных масок или термостойких перчаток);

i) использование средств контроля, таких как ультразвуковой контроль и видеосистемы;

j) применение указателей для предупреждения оператора о горячих поверхностях (например, предупреждающих символов, подсвеченных знаков или звуковых сигналов).

Функции, связанные с безопасностью, определены в 5.3.

5.5.3.2 Сварочные работы

Рабочие органы для любых видов сварки разрабатывают так, чтобы подача сварочной проволоки не могла случайно вытолкнуть сварочную проволоку с риском повреждения глаз оператора, например, с использованием функции блокировки, зависящей от ориентации рабочего органа, или с использованием функций ориентации робота.

Примечание — Сварочные работы обычно проводят с использованием индивидуальных средств защиты или экранов для защиты оператора от света и брызг сварки.

5.6 Рабочие органы для управляемых вручную роботов

5.6.1 Общие положения

Устройства для ручного управления предназначены для обеспечения непосредственного воздействия оператора на приведение робота в движение в соответствии с типом ручного управления совместной работой (см. ИСО 10218-2:2011, 5.11.5.3, и ISO/TS 15066:2016, 5.5.3). Устройство ручного управления должно иметь, по крайней мере, следующие составляющие:

a) устройство аварийного останова, обеспечивающее выдачу необходимых команд управления для предотвращения всех возможных опасностей;

b) деблокирующее устройство, обеспечивающее выдачу необходимых команд управления применительно ко всем возможным опасностям;

c) устройство ввода для управления движением робота, например джойстик или другой орган управления.

Для многих применений может потребоваться обеспечить дополнительные функции управления для выполнения производственного задания. Если работа с ручным управлением предусматривает перемещение грузов в захватном устройстве, то устройство ручного управления должно иметь средства для открывания и закрывания захватного устройства.

5.6.2 Снижение риска

Конкретные риски, относящиеся к ручному управлению, связаны с опасностью от движущихся робототехнического комплекса и заготовок или деталей, от висящих грузов, а также с возможностью принятия оператором неудобных поз, приводящих к физическому напряжению. Меры снижения риска, связанные с размещением и функциональностью всего устройства ручного управления, включают.

a) выбор наилучшего размещения с учетом необходимости полного обзора рабочего пространства, минимизации опасности от движущихся заготовок или деталей и эргономически удобной позы для оператора: это может быть обеспечено с помощью размещения устройства ручного управления непосредственно на рабочем органе, на стационарном рабочем месте или на отдельном незакрепленном устройстве, переносимым оператором;

b) функции обеспечения безопасности для реализации блокировки или контроля таких функций, как закрывание и открывание захватного устройства с информацией о позиционировании рабочего органа; это поможет предотвратить непреднамеренное отпускание груза в опасном положении;

c) ограничение скорости, ускорения и торможения подвижных частей робототехнического комплекса и заготовки или детали;

d) ограничение сил и моментов при активации подвижных частей робототехнического комплекса и заготовки или детали;

e) обеспечение того, что отключение питания не приведет к выпадению груза, неуправляемому движению или другим опасностям.

Индикация органов управления на устройстве ручного управления и их реализация в составе робота являются определяющим фактором по реализации мер снижения риска при совместной работе и ручном управлении.

5.7 Системы смены рабочего органа (устройства смены инструмента)

Если робототехнический комплекс может начать движение без установленного рабочего органа, то при оценке риска должен быть рассмотрен и такой сценарий. Возможность движения без установленного рабочего органа не должна приводить к неприемлемому риску.

Если несколько роботов используют одну систему смены рабочего органа, то возможны только предусмотренные комбинации роботов и рабочих органов.

Возможность неправильного выбора рабочего органа (который может быть выявлен с помощью системы определения правильного рабочего органа, контроля позиции сменных рабочих органов или системы смены рабочего органа) должна быть рассмотрена и, где это реализуемо, робототехнический комплекс должен быть способен обнаружить данную ситуацию и прекратить продолжение выполнения операции до того, как будет сделан правильный выбор.

Непреднамеренное отсоединение рабочего органа должно быть предотвращено в соответствии с ИСО 10218-2:2011, 5.10.9 (например, отсоединение может происходить только на установочной станции).

Примечание 1 — В ИСО 11593 приведены термины и определения для систем автоматической смены рабочего органа.

Примечание 2 — Требования к конструкции систем смены рабочего органа (смены инструмента) установлены в ИСО 10218-2:2011, 5.10.9.

6 Верификация и валидация

Требования к верификации и валидации определены в ИСО 10218-2:2011, раздел 6, и ISO/TS 15066:2016, раздел 6.

7 Информация для пользователя

7.1 Общие положения

Требования к информации для пользователя определены в ИСО 10218-2:2011, раздел 7, и ISO/TS 15066:2016, раздел 7.

Информацию для пользователя рабочих органов предоставляет интегратор решения, касающегося использования рабочих органов, для их применения по назначению.

Информация для пользователя должна содержать сведения и инструкции, необходимые для безопасного и правильного использования робототехнического комплекса, включая рабочие органы, и предоставлять пользователю информацию и предупреждения об остаточных рисках. Воздействие опасностей должно быть тщательно рассмотрено в соответствии с ИСО 12100 при проектировании рабочих органов как для выполнения совместных, так и несовместных работ. Информация для пользователя от изготовителей компонентов также должна быть включена.

7.2 Инструкции

При использовании рабочих органов в конкретном робототехническом комплексе инструкции для пользователя могут включать следующую информацию, где это применимо:

a) если рабочие органы имеют подвижные части или места, где могут быть зажаты пальцы, то сведения о том, как освободить зажатые пальцы как при включенном, так и выключенном питании (например, электрическом, пневматическом, гидравлическом, кинетическом);

b) если рабочие органы сконструированы так, что к ним надо прикасаться при выполнении конкретной операции, то сведения о предполагаемой частоте контактов, для которой данный рабочий орган создан;

c) рекомендации, как перезапустить робототехнический комплекс после остановки, если при этом требуются специальные действия для рабочего органа (например, если удерживаемый объект должен быть удален вручную);

d) если безопасность рабочего зависит от рабочего маршрута движения робототехнического комплекса (например, при совместной работе), то возможность перепрограммирования маршрута движения может быть защищена паролями и т.п.;

e) руководство о том, какие контактные поверхности и ориентации во время движения робота считаются наиболее приемлемыми, и какие контактные поверхности и ориентации во время движения робота считаются нежелательными (см. силовое очувствление в 5.2.2).

Пример — Одна сторона рабочего органа может быть покрыта обивочным материалом, и в рекомендации может быть указано, что следует ориентировать эту сторону в направлении движения робота;

f) сведения о том, насколько данное применение робота может быть изменено или скорректировано (например, позиционирование захватного устройства и/или заготовки) без влияния на оценку риска: любые изменения, выходящие за пределы данных сведений, могут потребовать повторной оценки в случае возникновения новых опасностей или при значительном повышении риска;

g) рекомендации по защитным мерам, если таковые имеются, которые могут включать следующие рекомендации, но не ограничиваться ими:

- рекомендации по особенностям и функциям робота;
- рекомендации по максимальной скорости перемещения робота;
- рекомендации по максимальной частоте контактов;

h) предупреждение о том, что отключение питания (электрического, пневматического или гидравлического) может вызвать выпадение удерживаемого объекта из рабочего органа;

i) сведения о том, какие функции связаны с безопасностью;

j) сведения о том, имеются ли функции с встроенной безопасностью или с безопасностью, обеспечиваемой управлением, а также с их комбинацией;

k) сведения о том, как сбои при выполнении рабочим органом функций без расчетной безопасности могут изменить опасность контактов (например, при увеличенной силе зажатия);

l) данные о максимальных силах для захватных устройств с встроенной безопасностью;

m) данные о допусках на номинальные силы и на безопасные значения сил для систем управления силой зажатия с расчетной безопасностью;

n) сведения о других методах снижения опасности контактов.

Приложение А
(справочное)

Практические примеры оценки риска для рабочего органа

А.1 Введение

Ниже приведены три практических примера, относящиеся к рабочим органам.

Пример 1: Применение, при котором оператор передает обрабатываемую деталь роботу, используя захватное устройство. Захватное устройство закрывается в то время, когда оператор держит обрабатываемую деталь, поэтому существует вероятность защемления пальцев оператора. При этом для снижения риска необходимо снижение опасности травмирования защемленного пальца.

Пример 2: Применение, при котором робот работает рядом с оператором, но они не работают с одними и теми же обрабатываемыми деталями. В данном случае менее вероятно, что пальцы оператора окажутся вблизи захватного устройства при его закрытии, поэтому вероятность защемления пальцев оператора меньше, чем в примере 1.

Пример 3: Тот же сценарий, как в примере 2, но в это время происходит сбой в системе управления захватным устройством, который вызывает увеличение силы зажатия захватного устройства до величины, в десять раз превышающей номинальную. Вероятность защемления пальца при возникновении сбоя минимальна.

А.2 Пример контролируемой остановки с расчетной безопасностью

Человек может войти в зону роботизированной ячейки, если роботизированная ячейка находится в состоянии контролируемой остановки с расчетной безопасностью. Если существует вероятность выпадения обрабатываемой детали из рабочего органа, то обрабатываемая деталь, удерживаемая захватным устройством, может быть перемещена как можно ниже до того, как разблокируется замок ограждения, позволяя человеку войти в зону роботизированной ячейки. Данный пример показан на рисунке А.1.

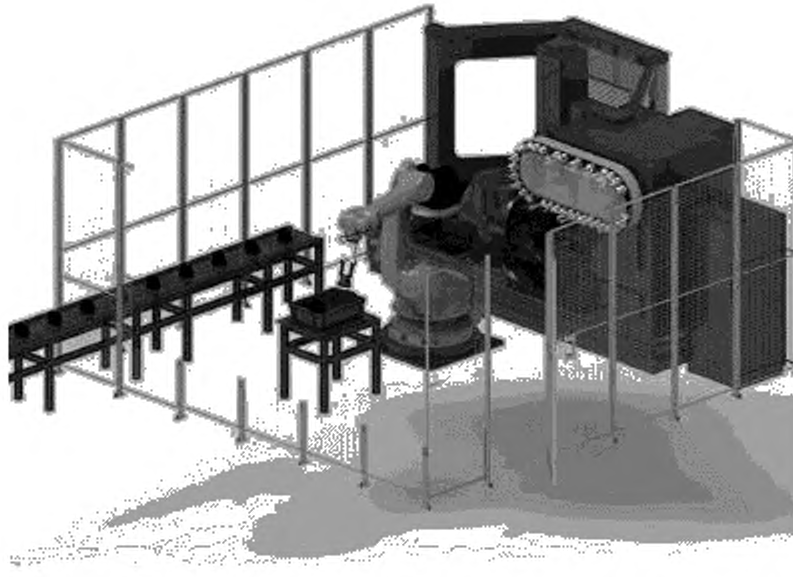
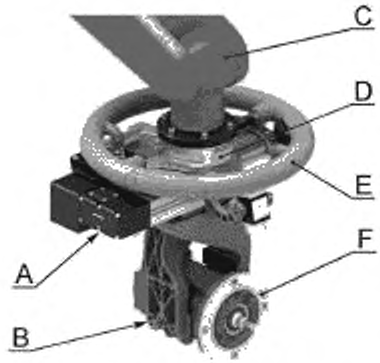


Рисунок А.1 — Пример контролируемой остановки с расчетной безопасностью

А.3 Пример совместной работы при ручном управлении

На рисунке А.2 показан пример совместной работы при ручном управлении. Захватное устройство зажимает обрабатываемую деталь в зоне, в которой захватное устройство расположено отдельно от человека. Человек, управляющий захватным устройством, нажимает два деблокирующих устройства, расположенных на колесе ручного управления, для выполнения операции. Функция обеспечения безопасности деблокирующих устройств имеет уровень эффективности защиты PLd в соответствии с ИСО 13849-1, работая как два трехпозиционных деблокирующих устройства.

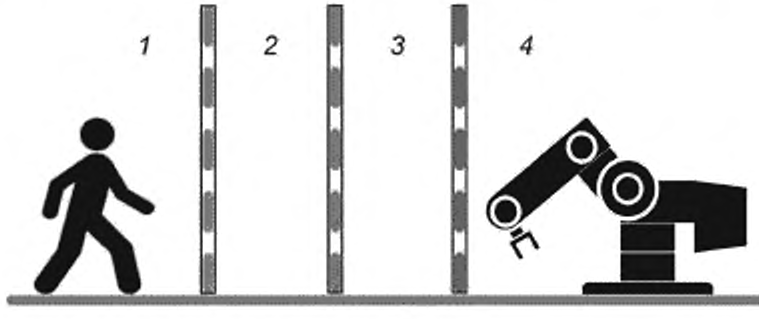


A — захватное устройство; B — пальцы захватного устройства; C — робот; D — силомоментный датчик; E — колесо ручного управления с трехпозиционным деблокирующим устройством; F — обрабатываемая деталь

Рисунок А.2 — Пример ручного управления

А.4 Пример позонного снижения скорости

Позонное снижение скорости представляет принцип обеспечения безопасности, основанный на расстоянии между робототехническим комплексом и человеком (рисунок А.3). Движение в сторону робототехнического комплекса контролируется защитным чувствительным оборудованием. Робототехнический комплекс, оснащенный рабочим органом, находится в безопасном состоянии, когда человек подходит к ближайшей к нему опасной зоне. Примером того, как рабочий орган может быть в безопасном состоянии, является случай, когда рабочий орган имеет «безопасную рабочую остановку» или подобную возможность в соответствии с МЭК 61800-5-2.



1 — зона 1; *2* — зона 2; *3* — зона 3; *4* — зона 4, в которой расположен робототехнический комплекс, оснащенный рабочим органом

Рисунок А.3 — Пример снижения скорости благодаря позонному контролю

А.5 Пример ограничения мощности и силы при совместной работе

На рисунке А.4 показан пример, когда человек может прикоснуться к обрабатываемой детали или к захватному устройству. Захватное устройство имеет безопасное ограничение сил и давлений, если их значения не могут превышать значений, установленных в ISO/TS 15066:2016, приложение А. Если силы и давления ниже этих значений, то необходимый уровень эффективности защиты (PLr) функций обеспечения безопасности захватного устройства получают в результате оценки риска во время процедуры снижения риска.

Примечание — ИСО 13849-1 содержит информацию о функциональной безопасности, а также терминологию, относящуюся к функциональной безопасности.

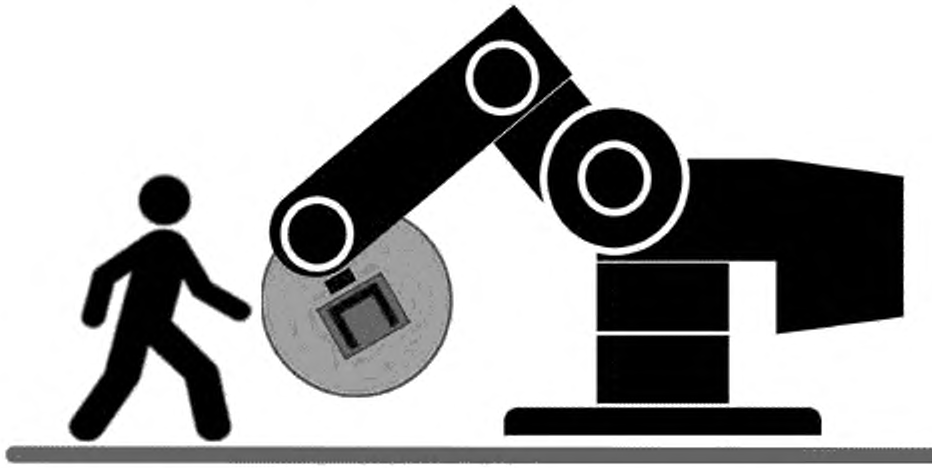


Рисунок А.4 — Ограничение силы и давления захватного устройства

Приложение В
(справочное)

Примеры конструкций захватных устройств и их характеристик безопасности

В.1 Общие положения

Захватные устройства, способные развивать силы и давления, превышающие значения, указанные в ISO/TS 15066:2016, приложение А, могут потребовать использования функции ограничения с расчетной безопасностью, снижающей риски надлежащим образом, наряду с другими защитными мерами, которые могут обеспечить такой же уровень снижения риска.

Для других типов совместной работы необходима контролируемая остановка с расчетной безопасностью в соответствии с ISO/TS 15066:2016. Для несовместных применений требования к любым функциям обеспечения безопасности определяют с помощью оценки риска в соответствии с ИСО 10218-1:2011 и ИСО 10218-2:2011.

«Безопасная рабочая остановка» или подобная функция обеспечивается в соответствии с МЭК 61800-5-2, что может быть реализовано, например, с помощью группы датчиков и контроллера безопасности.

В.2 Захватное устройство с электроприводом

Захватные устройства с электроприводом могут иметь встроенный или внешний контроллер и управление двигателем. В обоих случаях силы и давления, превышающие значения, установленные в ISO/TS 15066:2016, приложение А, имеют безопасные ограничения в случае совместной работы с ограничением мощности и силы. При других типах совместной работы происходит защитная остановка в соответствии с ISO/TS 15066:2016. При несовместных применениях необходимость каких-либо функций обеспечения безопасности захватного устройства определяют при оценке риска в соответствии с ИСО 12100 и ИСО 10218-2:2011.

Приложение С
(справочное)

Примеры опасностей, их возможного происхождения и последствий

Таблица С.1 — Примеры опасностей, их возможного происхождения и последствий

Тип или группа	Примеры опасностей	
	Происхождение	Возможные последствия
Механические	Проблемы, связанные с кабелями (например, нарушение изоляции, обрывы, провисание); отказы захватного устройства; вышедшие из строя датчики; поломка механического адаптера фланца или системы смены рабочего органа (смены инструмента); износ рабочего органа; конструкция рабочего органа не соответствует разнообразию обрабатываемых деталей	Опасности раздавливания при попадании между рабочим органом и манипулятором робота, фиксаторами обрабатываемых деталей или другими объектами роботизированной ячейки; падение обрабатываемых деталей или частей робототехнического комплекса; непреднамеренное или неожиданное отпускание обрабатываемой детали; отказ захватного устройства, выраженный в невозможности захватить обрабатываемую деталь или в ее отпускании; зоны защемления между рабочим органом и роботом, обрабатываемыми деталями, фиксаторами или другими объектами роботизированной ячейки
Источники энергии (например, электрические, пневматические или гидравлические)	Потеря мощности; команды отключения питания; неправильная конструкция и использование аварийной и защитной остановки; высвобождение накопленной энергии; занижение требований к питанию; направленные источники энергии как часть рабочего органа, реализующего техпроцесс (например, лазер, водоструйное устройство, электрическая дуга); датчик (например, лазеры, не обеспечивающие безопасность зрения); потеря давления; поломанные электрические кабели или трубопроводы (например, электрические, пневматические, гидравлические)	Падение обрабатываемых деталей или частей робототехнического комплекса; непреднамеренное или неожиданное отпускание обрабатываемой детали; опасное высвобождение накопленной энергии в рабочем органе; выброс обрабатываемой детали в состоянии покоя или в движении из-за отказа захватного устройства; непреднамеренное или неожиданное выпадение рабочего органа из системы смены рабочего органа
Электрические	Поверхность рабочего органа под напряжением; перегрев; незащищенные электрические проводники/поверхность рабочего органа под напряжением	Шок от контакта; ожоги кожи

Продолжение таблицы С.1

Тип или группа	Примеры опасностей	
	Происхождение	Возможные последствия
Эргономика	Неблагоприятные рабочие условия для операторов, например, неудобная поза, повторяющиеся движения и нагрузки	Стресс; утомление; нарушение технологического процесса; боль в спине; повышенная и/или быстрая утомляемость операторов; повышенное число пропусков по болезни; физическое перенапряжение
Ошибка оператора	Неправильное расположение обрабатываемой детали; неправильная программная последовательность; неправильная активация ввода/вывода (во время обучения), ошибка команд ввода/вывода	Зажатие механизмом захватного устройства; непреднамеренный контакт; отброшенная обрабатываемая деталь в состоянии покоя или в движении; непреднамеренное или неожиданное выпадение рабочего органа из системы смены рабочего органа (смены инструмента)
Система управления	Потеря связи; потеря сигнала активации электропроводности; отказ робототехнического комплекса; неправильное применение, конструкция и/или программирование	Падение заготовок или деталей из робототехнического комплекса; непреднамеренное или неожиданное выпадение рабочего органа из системы смены рабочего органа (инструмента); нежелательное, непредвиденное или небезопасное поведение системы
Форма и/или обработка поверхности доступных частей, включая обрабатываемую деталь	Контакт с острыми краями, точками, углами или заусенцами	Разрезание; срезание; протыкание или прокалывание; гематомы
Термические	Контакт с горячими или холодными поверхностями рабочего органа вследствие контакта рабочего органа с обрабатываемыми деталями или частями робототехнического комплекса, участвующими в техпроцессе	Ожог, ошпаривание (тепловые); обморожение
Химические	Испарения, являющиеся следствием техпроцесса; абразивный износ чистящих материалов; туман при распылении (например, окрашивании); контакт из-за протечек, разбрызгивания и т.д.; контакт с опасными веществами на рабочем органе, появившимися вследствие контакта рабочего органа с этими веществами по техпроцессу	Ожог, ошпаривание (химические); дерматит (сухая растрескавшаяся кожа); сыпь/раздражение; респираторные (дыхательные) проблемы; впрыскивание (химическое)

Окончание таблицы С.1

Тип или группа	Примеры опасностей	
	Происхождение	Возможные последствия
Биологические	Контакт с сырыми, переработанными или инфицированными продуктами на основе биоматериалов	Проблемы с пищеварением; бактериальное/грибковое поражение кожи; впрыскивание (биологическое)
Активация	Неправильная последовательность; непреднамеренная активация	Отброшенная заготовка

Приложение D
(справочное)

Примеры опасностей, вызываемых функциями рабочего органа

Таблица D.1 — Примеры опасностей, вызываемых функциями рабочего органа

Функция	Тип	Происхождение опасности	Возможные последствия
Общая		Острая кромка	
Захватывание	Общий	Обрабатываемая деталь (сила тяжести)	
	Механические захватные устройства	Конструкция захватывания	Раздавливание
	Вакуумные захватные устройства		
	Магнитные захватные устройства	ЭМП (электромагнитные поля)	Термические воздействия Воздействие на мышцы, нервы или органы чувств Влияние на имплантированные медицинские приборы
	Штыревые захватные устройства		
Сварка	Сварочный пистолет для точечной сварки	Сварочный ток Сварочные брызги Высокая температура ЭМП (электромагнитные поля)	Электрический шок/ожог Ожог Ожог Влияние на имплантированные медицинские приборы
	Сварочный пистолет для дуговой сварки	Сварочный ток Свет от дуги (УФ) Высокая температура ЭМП (электромагнитные поля) Испарения	Электрический шок Световая офтальмия Ожог Влияние на имплантированные медицинские приборы Трудности с дыханием, раздражение, отравление
	Сварочный пистолет для лазерной сварки	Лазерный луч (прямой, отраженный) Испарения, газы Высокая температура	Ожог, потеря зрения Трудности с дыханием, раздражение, отравление
	Сварочный пистолет для ультразвуковой сварки	Ультразвук	

Окончание таблицы D.1

Функция	Тип	Происхождение опасности	Возможные последствия
Окраска	Общий	Состав краски	В соответствии со спецификацией безопасности данного состава
	Статический краскопульт	Статическое электричество	Электрический шок, источник возгорания
	Нестатический краскопульт		
	Приложения (клей, герметик)	Острый рабочий орган или инструмент в захватном устройстве	Проникание
Резка, сверление	Механический	Полотно пилы, сверло	Раздражение, порезы, затруднительное положение
	Плазменная горелка	Плазма Испарения, газы Высокая температура	
	Лазерный	Лазерный луч Испарения, газы Высокая температура	Ожог, потеря зрения Трудности с дыханием, раздражение, отравление Ожог
	Водоструйный	Вода под высоким давлением	Проникание, некроз, инфекция
Полировка	Полировальный рабочий орган или инструмент в захватном устройстве	Вращение рабочего органа или инструмента в захватном устройстве	
Шитье		Игла	Проникание
Маркировка	Механический (например, сверлом, иглой)		Проникание
	Струйный	Распылительная форсунка	Проникание
	Лазерный	Лазерный луч Испарения, газы Высокая температура	Ожог, потеря зрения Трудности с дыханием, раздражение, отравление Ожог
Завинчивание	Винтоверт		
Гибка	Общий	Зона контакта	Раздавливание
Подъем	Общий	Заготовка (сила тяжести)	
Осмотр	Лазерный	Лазерный луч	Потеря зрения

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта (документа)	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального или межгосударственного стандарта
ISO 10218-1:2011	IDT	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 10218-2:2011	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 11593	IDT	ГОСТ Р 60.3.0.1—2017/ИСО 11593:1996 «Роботы и робототехнические устройства. Роботы промышленные манипуляционные. Системы автоматической смены рабочего органа. Термины, определения и представление характеристик»
ISO 12100:2010	IDT	ГОСТ ISO 12100—2013 «Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска»
ISO 14539:2000	IDT	ГОСТ Р 60.3.0.2/ISO 14539:2000 «Роботы и робототехнические устройства. Роботы промышленные манипуляционные. Перемещение объектов с помощью захватного устройства зажимного типа. Термины, определения и представление характеристик»
ISO/TS 15066:2016	IDT	ГОСТ Р 60.1.2.3—2020 «Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для роботов, работающих совместно с человеком»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты.		

Библиография

[1] ISO 3864-1, Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 1: Design principles for safety signs and safety markings

[2] ISO 3864-2, Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 2: Design principles for product safety labels

[3] ISO 3864-3, Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 3: Design principles for graphical symbols for use in safety signs

[4] ISO 3864-4, Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 4: Colorimetric and photometric properties of safety sign materials

[5] ISO 7000, Graphical symbols for use on equipment — Registered symbols

[6] ISO 7010, Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Registered safety signs

[7] ISO 8373:2012, Robots and robotic devices — Vocabulary

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

[9] ISO 13849-1, Safety of machinery — Safety related parts of control systems — Part 1: General principles for design

[10] ISO 13849-2, Safety of machinery — Safety related parts of control systems — Part 2: Validation

[11] ISO 13850, Safety of machinery — Emergency stop function — Principles for design

[12] ISO 13854, Safety of machinery — Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body

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

[14] ISO 13856 (all parts), Safety of machinery — Pressure-sensitive protective devices

[15] ISO 13857, Safety of machinery — Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs

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

[17] ISO 29262, Production equipment for microsystems — Interface between end effector and handling system

[18] ISO 31000, Risk management — Guidelines

[19] ISO/TR 14121-2, Safety of machinery — Risk assessment — Part 2: Practical guidance and examples of methods

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

[21] IEC 31010, Risk management — Risk assessment techniques

[22] IEC 60073, Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification — Coding principles for indicators and actuators

[23] IEC 60204-1, Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements

[24] IEC 61310-1, Safety of machinery — Indication, marking and actuation — Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals

[25] IEC 61496 (all parts), Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment

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

[27] IEC 62061, Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems

[28] IEC/TS 62046, Safety of machinery — Application of protective equipment to detect the presence of persons

[29] EN 614 (all parts), Safety of machinery — Ergonomic design principles

[30] Research project. "Development of a novel test method for skin safety verification of physical assistant robots", Nagoya University, Xuewei Mao, Yoji Yamada, Yasuhiro Akiyama, Shogo Okamoto and Kengo Yoshida, 2015 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), Singapore, 2015, pp. 319—324. doi: 10.1109/ICORR.2015.7281219

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

Ключевые слова: роботы, робототехнические устройства, проектирование промышленных робототехнических комплексов, требования безопасности, рабочие органы

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.В. Смирнова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 16.12.2020. Подписано в печать 23.12.2020. Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

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

gost.e-ecolog.ru