

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ РОБОТОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ СРЕДЕ

Анисимов Н.Р., канд. физ.-мат. наук, ФГБУ «РСТ»

Фролов В.А., д-р техн. наук, профессор, ФГБУ «РСТ»

Будкин Ю.В., д-р техн. наук, ФГБУ «РСТ»

Князев А.В., аспирант, РТУ-МИРЭА

В настоящее время требования к безопасности промышленных роботов регулируются ГОСТ Р 60.1.2.1–2016/ИСО 10218–1:2011, идентичным международному стандарту ISO 10218–1:2011. Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1: Robots. Однако расширение областей применения роботов и робототехнических систем, накопления опыта по их безопасному использованию возникла необходимость в пересмотре подходов к установлению соответствующих требований безопасности в нормативных документах.

В статье рассматриваются аспекты применения терминологической базы по безопасности для роботов, ее соответствие международным стандартам, анализируются требования к безопасности конструкции роботов и робототехнических устройств, составу информации для пользователя.

Ключевые слова: робототехника, машиностроение, стандартизация, терминология, обеспечение безопасности.

В международной организации по стандартизации разрабатывается новый международный стандарт по безопасности роботов. Его третье издание отменяет и заменяет предыдущее [1]. На текущий момент издание опубликовано в виде версии DIS, пригодной для окончательного редактирования. Основные изменения, согласно опубликованному варианту, состоят в следующем:

- включение требований безопасности для промышленных роботов, предназначенных для использования в совместных приложениях (ранее – содержание ISO/TS 15066);
- уточнение требований к функциональной безопасности;
- добавление требований к кибербезопасности в той мере, в какой это относится к безопасности промышленных роботов.

Однако ряд новых положений международного стандарта требуют существенной корректировки методологических подходов к безопасности роботов в области национальной стандартизации [2, 3].

УТОЧНЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТА ПО БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РОБОТОВ

В действующем национальном стандарте [4] область применения стандарта ограничена промышленными роботами. Вместе с тем предлагается использовать определенные стандартом принципы и для других типов роботов («Настоящий стандарт не применим к непромышленным роботам, хотя основные принципы безопасности, установленные в международном стандарте [5], могут быть использованы для других типов роботов»). Таким образом, размытая область применения стандарта затрудняет его использование в нормативном регулировании вопросов безопасности.

В новом международном стандарте область применения определяется требованиями к безопасной конструкции, защитным мерам и информацией об использовании роботов в промышленной среде. При этом стандарт не распространяется на ряд направлений и продуктов. В ограниченный список входят подводные, военные (оборонные), бортовые и космические роботы, в том числе использование в космосе, в правоохранительных органах, и т. д.

Указано также, что в стандарте рассматриваются все существенные опасности, опасные ситуации или события при использовании по назначению и в определенных условиях неправильного использования, которые производитель разумно предвидит, за исключением опасностей, перечисленных в конечном списке (опасности, связанные с экстремальными условиями (например, экстремальный климат, морозильные камеры, сильные магнитные поля) вне спецификации производителя, подземным использованием, особыми гигиеническими требованиями и т. д.).

Таким образом, определена конкретная область применения стандарта без ссылок на терминологию, характеризующую класс роботов, имеющую отношение к данному комплексу стандартов.

УТОЧНЕНИЕ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Вследствие уточнения области применения стандарта по безопасности для роботов возникает вопрос об уточнении терминологии, применяемой в данном комплексе стандартов. Действующим национальным стандартом [6] определены, например, термины: «робот (robot)», «промышленный робот (industrial robot)», «робототехнический комплекс (robot system)», «промышленный робототехнический комплекс (industrial robot system)». В разрабатываемом международном стандарте указанные термины объединены и им дано новое определение: «промышленный робот, робот (industrial robot, robot)», «роботизированная система, промышленная роботизированная система (robot system, industrial robot system)».

Таким образом, в рассматриваемом примере в целях указания требований к безопасности роботов введены термины с определениями, отличными от используемых в комплексе стандартов по робототехнике. (В соответствии с п. 6.9.1 национального стандарта [7] «Предотвращение противоречий между терминологическими статьями, представляющими одни и те же или подобные понятия».)

Для исключения противоречий ссылки на стандартизованные терминологические статьи либо на их части или на стандартизованные определения в других стандартах должны быть везде, где возможно, вместо повторения.

Такие ссылки между стандартизованными терминологическими статьями могут иметь место между:

- всеми терминологическими статьями, представляющими одно и то же или аналогичное понятие;
- частями разных терминологических статей, представляющими одно и то же или аналогичное понятие;
- определениями терминологических статей, представляющими одно и то же или аналогичное понятие.

В случаях, когда повторение терминологической статьи или ее части считается необходимым (например, ради удобства пользователя), цитирование должно быть дословным; при этом должна проявляться особая осторожность для обеспечения полноты и правильности, а также для исключения ошибок и противоречий, за исключением случая, когда существуют убедительные аргументы в пользу изменения терминологической статьи; в такой ситуации должны соблюдаться правила адаптации определений, указанные в п. 6.2, 6.4 национального стандарта [7].

Можно полагать, что новое определение термина действует применительно к данному международному стандарту [5]. Принимая во внимание идентичность национальных стандартов международным, нельзя исключать противоречий между терминологическими статьями национальных стандартов.

Ряд определений терминов в проекте международного стандарта [5] существенно отличаются от трактовки понятий в действующем терминологическом стандарте [6]. В табл. 1 представлены примеры соответствующих отличий.

Таким образом, в международных стандартах допускаются различия в определении терминов в зависимости от области применения документа.

РАСШИРЕНИЕ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РОБОТОВ

В связи с конкретизацией области применения международного стандарта почти в два раза расширен список определяемых терминов (с 37 до 67). Введены новые термины и уточнены существующие, связанные с безопасностью для роботов. Термины разделены на группы, которые качественно отличаются по их классификации:

- робот, роботизированная система, применение робота;
- подузлы и компоненты роботов, роботизированных систем и применений роботов;
- термины, связанные с элементами управления;
- термины, связанные с программой;
- термины, связанные с энергопитанием;
- термины, связанные с опасностью;
- термины ролей;
- термины, связанные с функциональной безопасностью;
- термины пространства, зон и расстояний;
- меры по снижению риска;
- верификация и валидация.

Подобная классификация и объединение терминов в группы характерны для терминологических стандартов [6].

Таблица 1

Определения терминов в проекте международного стандарта и в действующем ГОСТе

ТЕРМИНЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СТАНДАРТА ISO/DIS 10218-1.2	ТЕРМИНЫ ГОСТ Р 60.0.0.4-2019/ИСО 8373:2012
<p>Ось (axis): приводимое в действие механическое соединение (например, вращающееся вокруг оси, линейное), обеспечивающее как минимум одну степень свободы</p> <p>Оператор (operator): лицо или лица, использующие, эксплуатирующие, регулирующие, обслуживающие, очищающие, ремонтирующие, устраняющие неисправности, транспортирующие, вводящие в эксплуатацию и осуществляющие разборку робота (3.1.1.2), роботизированной системы (3.1.1.3) или роботизированной ячейки (3.1.1.9).</p>	<p>Степень подвижности (axis): параметр, используемый для задания поступательного или вращательного движения робота (2.6)</p> <p><i>Примечание</i> Термин «степень подвижности» также используется в значении «механический шарнир робота»</p> <p>Оператор (operator): лицо, уполномоченное запускать, контролировать и останавливать выполнение заданной операции роботом (2.6) или робототехническим комплексом (2.14)</p>
<p><i>Примечание</i> Это определение включает человека или людей, которых можно ожидать на машине или рядом с ней, даже если они не выполняют задачу, связанную с конкретной машиной или частью машины</p> <p>Режим, режим работы (mode, operating mode): характеристика способа и степени вмешательства оператора (3.1.7.2) в оборудование управления.</p> <p><i>Примечание</i> В контексте этого стандарта режим относится к состоянию управления роботом (3.1.1.2), например автоматический режим (3.1.3.10), ручной режим (3.1.3.9)</p>	<p>Рабочий режим (эксплуатационный режим) [operating mode (operational mode)]: состояние системы управления (2.7) роботом, при котором робот способен выполнять задания по своему функциональному назначению</p>

ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ

Раздел, посвященный требованиям к конструкции и защитным мерам, детально уточнен по функциональным объектам. Объем раздела увеличен более чем в два раза. Требования разделены на группы в зависимости от функциональной принадлежности:

- к непосредственной конструкции;
- управлению роботом;
- функциям безопасности;
- функциям остановки робота;
- другим функциям безопасности;
- относящиеся к одновременному движению;
- ограничению движения робота;
- движению без подачи питания на приводы;
- лазерам и лазерному оборудованию;
- возможностям для совместных применений.

Группы требований выделены исходя из опыта рассмотрения всех существенных опасностей, опасных ситуаций или событий.

Раздел по требованиям безопасности уточнен как общими положениями, в ряде случаев включающими ссылки на связанные ISO (например «Робот должен быть спроектирован в соответствии с принципами стандарта [8] с учетом выявленных опасностей»), так и конкретными требованиями, имеющими существенное значение для безопасности («чтобы обнаженные острые края, острые углы и опасные выступы были уменьшены, насколько это практически возможно»).

В целях как можно большей детализации и охвата требования к безопасности дополнены положениями, исключенными из [4]. Например, в действующем национальном стандарте «Существенные опасности, такие как острые края, не рассмотрены в настоящем стандарте». Согласно проекту новой редакции международного стандарта [4] «Роботы должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы обнаженные острые края, острые углы и опасные выступы были уменьшены, насколько это практически возможно».

Также в проекте международного стандарта приведено исчерпывающее описание с иллюстрациями терминов пространств робота в целях безопасности и др.

ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В проекте международного стандарта конкретизирован раздел «Информация по использованию», что увеличило его объем более чем в три раза. Определен состав информации по использованию:

- описания сигнальных и предупреждающих устройств;
- описания маркировки, знаков (предупреждающих табличек) и письменных предупреждений;
- сопроводительных документов (например, инструкции по эксплуатации).

Определены обязательные разделы руководства пользователя, имеющие существенное значение для безопасного использования робота:

- общие сведения;
- идентификация;
- использование по назначению;
- установка;
- остановка;
- ввод в эксплуатацию и программирование;
- эксплуатация и настройка;
- сингулярность;
- опасная энергия;
- движение без привода;
- информационная безопасность;
- функциональная безопасность;
- мобильные пульты;
- интеграция в роботизированную систему;
- техническое обслуживание;
- защита от поражения электрическим током;
- нештатные и аварийные ситуации;
- погрузочно-разгрузочные работы, подъем и транспортировка.

Таким образом установлено, что в международном стандарте ISO/DIS 10218-1.2:

1. Уточнена область применения стандарта по безопасности роботов путем исключения определенных объектов и объективных сторон применения роботов «В настоящем стандарте рассматриваются все существенные опасности, опасные ситуации или опасные события при использовании по назначению и в определенных условиях неправильного использования, которые производитель разумно предвидит».
2. Уточнены термины и определения. В целях устранения неопределенностей в существующем стандарте по безопасности указано: «Настоящий стандарт не применим к непромышленным роботам, хотя основные принципы безопасности, установленные в ИСО 10218, могут быть использованы для других типов роботов», объединены формально разделенные термины «промышленный ро-

бот, робот», «роботизированная система, промышленная роботизированная система», «применение робота, применение промышленного робота» и др.

3. В связи с конкретизацией области применения стандарта расширен список определяемых терминов с 36 до 69 позиций. Введены новые термины и уточнены существующие. Термины разделены на группы, классификация которых качественно отличается.
4. В разделе «Требования к конструкции и защитные меры» детально уточнены функциональные объекты. Выделены требования непосредственно к конструкции, управлению роботом, функциям безопасности и др.
5. Раздел «Требования безопасности» уточнен как общими положениями, в ряде случаев включающими ссылки на связанные с ISO (например «Робот должен быть спроектирован в соответствии с принципами ИСО 12100 с учетом выявленных опасностей»), так и конкретными требованиями («чтобы обнаженные острые края, острые углы и опасные выступы были уменьшены, насколько это практически возможно»).
6. В целях большей детализации требований безопасности включены требования, отсутствовавшие в предыдущем ГОСТе. Предыдущая редакция: «Существенные опасности, такие как острые края, не рассмотрены в настоящем стандарте», новая редакция: «Роботы должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы обнаженные острые края, острые углы и опасные выступы были уменьшены, насколько это практически возможно». Кроме того, конкретизированы термины пространств робота в целях безопасности и др.
7. Конкретизирован раздел «Информация по использованию», что увеличило его объем более чем в три раза. Определены обязательные разделы руководства пользователя, имеющие существенное значение для безопасного использования робота: «сингулярность», «опасная энергия» и др.
8. Развитие стандарта по безопасности роботов направлено на максимальное расширение охвата области стандартизации и одновременно на конкретизацию аспектов безопасности.

В заключение следует отметить, что развитие требований к стандартам по безопасности роботов направлено на максимальное расширение охвата области стандартизации и одновременно на конкретизацию аспектов безопасности, основанных на опыте эксплуатации роботов [9, 10]. Авторам представляется необходимым дальнейшее проведение исследований новых редакций международных стандартов, содержащих термины и определения. Обнаруженные различия с действующими международными и национальными стандартами помогут привести терминологическую базу в соответствие с принципами стандартизации.

Список использованных источников и литературы

1. ISO 10218-1:2011. Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1: Robots [Текст]. Введ. 2011-07-01. ISO, 2011. 50 с.
2. Будкин Ю.В., Таллер С.Л., Князев А.В. Совершенствование общетехнических систем межгосударственных стандартов на базе современных информационных технологий // Технология машиностроения. 2019. № 4. С. 57–66.
3. Горшков А.В., Исаков О.А., Стреха А.А. О стандартизации терминологии в отрасли «информационные технологии» // Транспортное дело России. 2013. № 4. С. 108–112.
4. ГОСТ Р 60.1.2.1-2016/ИСО 10218-1:2011. Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Ч. 1. Роботы [Текст]. Введ. 2018-01-01. – М.: Стандартиформ, 2018. 46 с.
5. ISO/DIS 10218-1.2. Robotics – Safety requirements – Part 1: Industrial robots [Текст]. ISO, 2021. 106 с.
6. ГОСТ Р 60.0.0.4-2019/ИСО 8373:2012. Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения. [Текст]. Введ. 2019-09-01. – М.: Стандартиформ, 2019. 32 с.
7. ГОСТ Р ИСО 10241-1-2013. Терминологические статьи в стандартах. Ч.1. Общие требования и примеры представления. [Текст]. Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартиформ, 2015. 54 с.
8. ГОСТ ISO 12100-2013. Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска [Текст]. Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартиформ, 2015. 75 с.
9. Будкин Ю.В., Шолкин В.Г. Вызовы мировой экономики и новая стратегия развития стандартизации // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 5 (63). С. 4–7.
10. Лапа М.В., Кравцова С.Е., Малов А.В. Особенности стандартизации в сфере морской робототехники // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 6 (58). С. 99–108.

NEW APPROACHES TO ENSURING THE SAFETY OF ROBOTS IN AN INDUSTRIAL ENVIRONMENT

Anisimov N.R., Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, FSBI «RST»

Frolov V.A., Ph. D. in Technical Science, Professor, FSBI «RST»

Budkin Y.V., Ph. D. in Technical Science, FSBI «RST»

Knyazev A.V., postgraduate, MIREA

Currently, the safety requirements for industrial robots are regulated by GOST R 60.1.2.1–2016/ISO 10218–1:2011 identical to the international standard ISO 10218–1:2011. Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1: Robots. However, the expansion of the fields of application of robots and robotic systems, as well as the accumulation of experience in their safe use, has led to the need to revise approaches to establishing appropriate safety requirements in regulatory documents. The article discusses the aspects of applying the terminological base on safety for robots and analyzes the compliance of the terminological base in the current national standards with the current international standards, as well as the requirements for the safety of the design of robots and robotic devices, the composition of information for the user.

Keywords: robotics, mechanical engineering, standardization, terminology, security

References

1. ISO 10218–1:2011. Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1: Robots. [Text]. Enter.2011–07–01. ISO, 2011. 50 p.
2. Budkin Yu.V., Taller S.L., Knyazev A.V. Improvement of general technical systems of interstate standards on the basis of modern information technologies // Technology of mechanical engineering. 2019. No. 4. pp. 57–66.
3. Gorshkov A.V., Isakov O.A., Strekha A.A. On standardization of terminology in the field of «information technologies» // Transport business of Russia. 2013. No. 4. pp. 108–112.
4. GOST R 60.1.2.1–2016/ISO 10218–1:2011. Robots and robotic devices. Safety requirements for industrial robots. Part 1. Robots. [Text]. Enter. 2018–01–01. Moscow, Standartinform Publ., 2018. 46 p. (In Russian)
5. ISO/DIS 10218–1.2. Robotics – Safety requirements – Part 1: Industrial robots [Text]. ISO, 2021. 106 p.
6. GOST R 60.0.0.4–2019/ISO 8373:2012 Robots and robotic devices. Terms and definitions. [Text]. Enter. 2019–09–01. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 32 p. (In Russian)
7. GOST R ISO 10241–1–2013 Terminological entries in standards. Part 1. General requirements and examples of presentation. [Text]. Enter. 2015–01–01. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 54 p. (In Russian)
8. GOST ISO 12100–2013 Safety of machine tools. General principles for design. Risk assessment and risk reduction. [Text]. Enter. 2015–01–01. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 75 p. (In Russian)
9. Budkin Yu.V., Sholkin V.G. Challenges of the global economy and a new strategy for the development of standardization// Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2021. No. 5 (63). P. 4–7.
10. Lapa M.V., Kravtsova S.E., Malov A.V. Features of standardization in the sphere of marine robotics // Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2020. No. 6 (58). P. 99–108.