ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 60.6.3.13— 2019

Роботы и робототехнические устройства

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СЕРВИСНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ РАБОТЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Радиосвязь вне зоны прямой видимости

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

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 стандарта, 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 8 ноября 2019 г. № 1223-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к стандарту АСТМ Е2855—12 «Стандартный метод испытаний для оценки возможностей роботов для работы в экстремальных условиях. Радиосвязь. Вне зоны прямой видимости» (ASTM E2855—12 «Standard test method for evaluating emergency response robot capabilities: Radio communication: Non-line-of sight range», MOD) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

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

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

© Стандартинформ, оформление, 2019

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения. 2
4 Условия проведения испытаний 5
5 Требования к проведению испытаний. 7
6 Требования к испытательному оборудованию 8
7 Требования безопасности 10
8 Определение характеристик и показателей 10
9 Порядок проведения испытаний 10
10 Требования к отчетности 14
11 Результаты испытаний и систематическая ошибка 15
12 Погрешность испытаний 17
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте . . . 18

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, узлов и параметров.

Стандарты комплекса ГОСТ Р 60 представляют собой совокупность отдельно издаваемых стандартов. Стандарты данного комплекса относятся к одной из следующих тематических групп: «Общие положения, основные понятия, термины и определения», «Технические и эксплуатационные характеристики», «Безопасность», «Виды и методы испытаний», «Механические интерфейсы», «Электрические интерфейсы», «Коммуникационные интерфейсы», «Методы 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 «Виды и методы испытаний» и распространяется на сервисных мобильных роботов, предназначенных для работы в экстремальных условиях. Настоящий стандарт определяет метод испытаний возможностей по радиосвязи между рабочим местом оператора и испытуемым роботом в условиях отсутствия прямой видимости.

Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к стандарту АСТМ Е2855—12, разработанному техническим комитетом Е54 ASTM International «Прикладные системы для национальной безопасности» в соответствии с принципами стандартизации, установленными в Решении о принципах разработки международных стандартов, руководств и рекомендаций Комитета по техническим барьерам в торговле Всемирной торговой организации, для приведения его в соответствие с требованиями основополагающих национальных и межгосударственных стандартов.

В настоящий стандарт внесены следующие технические отклонения по отношению к стандарту АСТМ Е2855—12:

- в настоящий стандарт не включены примечания и сноски примененного стандарта, которые нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации в связи с их содержанием, имеющим справочный характер и относящимся к системе стандартизации США;
- в настоящем стандарте значения физических величин указаны только в Международной системе единиц (СИ), используемой в российской национальной стандартизации в соответствии с требованиями ГОСТ 8.417—2002, тогда как в примененном стандарте значения измерений указаны как в системе единиц СИ, так и в американских единицах (дюйм-фунт); соответственно пункт 1.3 примененного стандарта об использовании двух систем единиц измерения не включен в настоящий стандарт;
- раздел 1 «Область применения» приведен в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5—2001: пункты 1.1.1, 1.1.2 и 1.1.6 примененного стандарта объединены в пункт 1.1; пункты 1.1.3, 1.1.5 и 1.1.8 перенесены в раздел 4, где имеют нумерацию 4.1—4.3, соответственно пункты 4.1—4.9 примененного стандарта в настоящем стандарте имеют нумерацию 4.4—4.12; пункт 1.2 примененного стандарта перенесен в раздел 4, пункт 4.14; пункты 1.1.4 и 1.1.7 перенесены в раздел 6, пункты 6.1 и 6.2; соответственно пункты 6.1—6.7 примененного стандарта в настоящем стандарте имеют нумерацию 6.3—6.9; нумерация пункта 1.4 примененного стандарта изменена на 1.2;
- в раздел 2 «Нормативные ссылки» настоящего стандарта не включены стандарт АСТМ Е2592, не имеющий аналогов среди межгосударственных и национальных стандартов, и подраздел 2.2 примененного стандарта, содержащий ссылки на документы системы стандартизации США, которые нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации; соответственно из пунктов 3.10, 4.3, 5.2, 5.5 и 8.1 исключены ссылки на эти документы, имеющие справочный характер, что не влияет на техническое содержание данных пунктов.
- в настоящий стандарт в соответствии с ГОСТ Р 1.7—2014, ГОСТ 1.3—2014, ГОСТ Р 1.5—2012 и ГОСТ 1.5—2001 включен раздел 3 «Термины и определения» вместо использованного в примененном стандарте раздела 3 «Терминология», состоящего из подраздела 3.1 «Определения»;
- в настоящем стандарте терминологические статьи расположены в алфавитном порядке русского языка для обеспечения соответствия требованиям ГОСТ 1.5—2001;

- пояснения к терминологическим статьям в настоящем стандарте оформлены как примечания в соответствии с ГОСТ 1.5—2001 вместо использованных в примененном стандарте подпунктов «Обсуждение»;

- в настоящем стандарте для обеспечения более четкого структурирования основных положений стандарта и обеспечения соответствия требованиям ГОСТ 1.5—2001 пункты 6.9 и 8.5 примененного стандарта, содержащие одинаковые положения, объединены и перенесены в раздел 4, пункт 4.14; пункт 6.10 примененного стандарта перенесен в раздел 5, пункт 5.6; пункт 5.4 примененного стандарта перенесен в раздел 6, пункт 6.10; пункт 8.2 примененного стандарта перенесен в раздел 5, пункт 5.4; в соответствии с этими переносами изменилась нумерация пунктов в разделе 8: 8.3—8.4 на 8.2—8.3, 8.6 на 8.4;

- часть рисунка 1 и рисунок 2 примененного стандарта, содержащие фотографии конкретного испытательного стенда, не включены в настоящий стандарт, при этом нумерация рисунков 4 и 5 изменена на 3 и 4, соответственно;

- на рисунках 3 и 4 не приведены наименование и символы национальных институтов США и информация о попытках выполнения задания представлена в более компактной форме, что не затрагивает технического содержания рисунков;

- в настоящем стандарте в примере заполнения протокола испытаний (рисунок 5) заполнены все поля протокола информацией на русском языке для более полного представления данного примера в отличие от примененного стандарта, в котором некоторые поля оставлены пустыми;

- нумерация пунктов 7.1 и 12.1 примененного стандарта исключена в настоящем стандарте в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5—2001, пункт 4.2.3;

- в настоящий стандарт не включен элемент «Библиография» из примененного стандарта в соответствии с ГОСТ 1.3—2014, 7.6.6;

- в настоящем стандарте ключевые слова приведены в библиографических данных в соответствии с ГОСТ 1.5—2001 вместо раздела 13 «Ключевые слова» в примененном стандарте.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Роботы и робототехнические устройства

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СЕРВИСНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ РАБОТЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Радиосвязь вне зоны прямой видимости

Robots and robotic devices. Test methods for service mobile emergency response robots.
Radio communication in non-line-of-sight range

Дата введения — 2020—03—25

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на телеуправляемых наземных роботов, соответствующих определению по *ГОСТ Р 60.6.3.1*, с массогабаритными параметрами, сопоставимыми с параметрами человека, и устанавливает метод испытаний радиосвязи, испытательное оборудование, порядок проведения испытаний и показатели для количественной оценки способности телеуправляемых наземных роботов выполнять задания по маневрированию и обследованию объектов в условиях отсутствия прямой видимости. Метод испытаний, установленный в настоящем стандарте, также применим к малым беспилотным воздушным комплексам, способным зависать для выполнения заданий по маневрированию и обследованию на ближнем расстоянии в экстремальных ситуациях.

Примечание — Для выполнения заданий по маневрированию и обследованию объектов вне зоны прямой видимости используют радиосвязь. Способность робота выполнять данные типы заданий в условиях отсутствия прямой видимости, обеспечивая прохождение сигнала через такие преграды, как здания, каменные кладки и тоннели, является важной для выполнения работ в экстремальных условиях.

1.2 Требования настоящего стандарта не распространяются на все проблемы безопасности, связанные с его применением, если таковые имеются. Пользователи настоящего стандарта отвечают за разработку необходимых мер безопасности и охраны здоровья, а также за определение применимости законодательных ограничений до использования настоящего стандарта.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ Р 60.6.3.1 Роботы и робототехнические устройства. Методы испытаний сервисных мобильных роботов для работы в экстремальных условиях. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочного стандарта в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

взаимодействие человек—робот; ВЧР (human robot interaction; HRI): Обмен информацией и действиями между человеком и роботом для выполнения задания с помощью пользовательского интерфейса.

Пример — Обмен информацией с помощью голосовых, визуальных и тактильных средств.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.1]

3.2

заказчик испытаний (test sponsor): Юридическое или физическое лицо, которое заказывает конкретное мероприятие по проведению испытаний и получает соответствующие результаты испытаний в заданной форме.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.4]

3.3

(испытательная) попытка [(test) repetition]: Цикл от начала до завершения выполнения роботом задания, установленного в методе испытаний.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.8]

Примечание — До начала перемещения мобильный робот находится на позиции СТАРТ и перемещается в позицию ФИНИШ для завершения данной попытки. В методе испытаний может быть задано возвращение на позицию СТАРТ для завершения выполнения задания. Многократные попытки, выполненные в одинаковых условиях, могут быть использованы для установления рабочих характеристик с определенной степенью статистической значимости, заданной заказчиком испытаний.

3.4

испытательный комплект (test suite): Разработанная совокупность методов и технических средств испытаний, которые совместно используются для оценки рабочих характеристик или определения соответствия техническим требованиям конкретной подсистемы или функциональных возможностей робота для работы в экстремальных условиях.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019 статья 2.9]

Примечание — Испытания робота включают оценку проходимости, манипуляционных характеристик, работы датчиков, энергетической оснащенности, работы каналов управления и передачи данных, взаимодействия человек—робот, логистики, безопасности при эксплуатации, а также работоспособности в любое время суток и в любых климатических условиях.

3.5

мероприятие по проведению испытаний [(test) event]: Совокупность действий по планированию, подготовке и организации проведения испытаний, инициированных заказчиком испытаний, которые проводит испытательная организация на одном или нескольких заданных полигонах.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.13]

3.6

неисправное состояние (fault condition): Состояние робота, при котором он не соответствует хотя бы одному из предъявляемых к нему требований, возникшее во время испытаний или тренировки оператора и выраженное в невозможности продолжения испытаний без вмешательства человека или в нарушении установленных правил.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.16]

Примечания

1 Неисправные состояния снижают доверие к частично выполненной попытке. Время проведения испытания длится до тех пор, пока оператор не определит, что он не может продолжить выполнение задания, и сообщит об этом руководителю испытаний, который приостанавливает испытание и заносит в протокол испытаний информацию о причине возникновения неисправного состояния с отметкой времени.

2 К неисправным состояниям относятся неправильная работа робототехнического комплекса, например отсутствие траекторного контроля, и проблемы с выполнением задания, например чрезмерное отклонение от заданного маршрута или невозможность распознать цель.

3.7

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

[ГОСТ Р 60.0.0.4—2019, статья 2.18]

Примечание — В обязанности оператора входят:

- проверка и обеспечение готовности робота к выполнению задания;
- ответственность за соблюдение мер безопасности и использование страховочного средства с помощью назначенного помощника;
- определение того, следует ли отказаться от проведения испытаний.

3.8

отказ от испытаний (abstain): Изготовитель робота или назначенный оператор заявляет об отказе от выполнения конкретного испытания или о нераспространении результатов испытаний.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.20]

Примечания

1 Если изготовитель решил отказаться от проведения испытаний, то он объявляет об этом до их начала. В протоколе испытаний отмечают, что технические характеристики не были подтверждены испытаниями несмотря на наличие условий для проведения испытаний.

2 Отказ от проведения испытаний возможен в том случае, если робот соответствует области применения данного метода испытаний, но представленная конфигурация робота конструктивно не подходит или не имеет необходимого оснащения для выполнения заданий, предписанных в методе испытаний. Правила эксплуатации испытательного оборудования позволяют до начала испытаний определить применимость метода испытаний для данной конфигурации робота.

3.9

протокол испытаний (test form): Документ, содержащий необходимые сведения об объекте испытаний, применяемых методах, средствах и условиях испытаний, результаты испытаний, а также заключение по результатам испытаний, оформленный в установленном порядке.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.24]

3.10

рабочее место оператора (operator station): Пункт управления роботом, предназначенный для размещения оператора и операторского пульта управления роботом.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.25]

Примечание — Рабочее место оператора располагают так, чтобы изолировать оператора от прямого визуального и звукового контактов с испытательным оборудованием и роботом.

3.11

радиопомеха (radio interference): Электромагнитная помеха, спектральные составляющие которой находятся в полосе радиочастот.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.26]

3.12

радиосвязь в зоне прямой видимости (line-of-sight communication): Распространение несущей сигнал электромагнитной энергии между передающей и приемной радиоантеннами, которые находятся в непосредственном визуальном контакте без каких-либо препятствий между ними.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.27]

Примечание — В идеальном случае единственным путем, по которому радиоволны могут распространяться в зоне прямой видимости, является либо прямой путь между передатчиком и приемником, либо путь, который соответствует одному отражению радиоволны от земли прежде, чем он достигнет приемной антенны.

3.13

радиосвязь вне зоны прямой видимости (non-line-of-sight communication): Распространение несущей сигнал электромагнитной энергии между передающей и приемной радиоантеннами, которые не находятся в непосредственном визуальном контакте из-за препятствий между ними.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.28]

Примечание — Радиоволны рапространяются между передающей и приемной антеннами через отражения от конструкций, дифракции вокруг конструкций и/или прохождение через конструкции с затуханием.

3.14

робот для работы в экстремальных условиях (робот для аварийных работ) [emergency response robot (*response robot*)]: Робот, предназначенный для выполнения оперативных задач в различных рабочих режимах с целью оказания помощи оператору при выполнении работ в экстремальных условиях и опасных средах.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.33]

Примечание — Робот для работы в экстремальных условиях является развертываемой машиной, предназначенной для выполнения оперативных задач в различных рабочих режимах при чрезвычайных ситуациях. Он сконструирован так, чтобы обеспечить оператору дополнительные возможности для получения достоверной информации о ситуации на удаленном расстоянии и реализации его намерений благодаря имеющемуся оснащению, а также уменьшить риск для оператора при одновременном повышении эффективности и результативности выполнения задания. К желательным характеристикам робота для работы в экстремальных условиях относятся:

- быстрое развертывание;
- дистанционное управление на требуемом удалении от оператора;
- проходимость в сложных внешних условиях;
- достаточная прочность в жестких условиях эксплуатации;
- надежность и возможность технического обслуживания в полевых условиях;
- долговечность и/или экономическая эффективность;
- оснащенность средствами обеспечения безопасности.

3.15

руководитель (испытаний) [(test) administrator]: Лицо, осуществляющее непосредственное руководство проведением испытаний.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.34]

Примечание — В обязанности руководителя входят:

- обеспечение готовности оборудования, наличия протокола испытаний и всех необходимых измерительных приборов, таких как секундомер и люксметр;
- обеспечение соблюдения заданных или необходимых условий внешней среды;
- информирование оператора о наличии страховочного средства и проверка того, что оператор либо решил не использовать его, либо назначил человека, который умеет с ним обращаться;
- подача команд оператору на начало и завершение испытаний и регистрация в протоколе данных о рабочих характеристиках испытуемого робота и значимых наблюдениях в ходе испытаний.

3.16

сопоставимый с параметрами человека (human-scale): Характеристика, свидетельствующая о том, что объекты, рельеф местности и другие особенности внешней среды по своим массогабаритным параметрам соответствуют внешней среде и конструкциям, обычно преодолеваемым людьми.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.36]

Примечания

1 Подобные конструкции и внешняя среда, хотя и могут преодолеваться человеком, могут быть достаточно разрушенными и опасными, чтобы ограничить доступ к ним человека.

2 Испытуемые роботы для работы в экстремальных условиях по своим массогабаритным параметрам соответствуют эксплуатации в подобной внешней среде.

3 Для данного термина не заданы точные массогабаритные диапазоны. Испытательное оборудование ограничивает внешнюю среду, в которой выполняют задания. Данные ограничения, в свою очередь, определяют типы роботов, которые могут рассматриваться как подходящие для проведения поисково-спасательных работ.

3.17

(тестовое) задание [(testing) task]: Последовательность действий, вполне определенных и конкретизированных в соответствии с заданным показателем или набором показателей по отношению к испытуемым роботам и операторам и предназначенных для оценки возможностей робота.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.38]

Примечание — В методе испытаний может быть установлено несколько заданий.

3.18

целевой объект (испытания) [(testing) target]: Обозначенный или созданный физический объект, установленный в соответствующих стандартных методах испытаний для проверки или оценки возможностей как робота в целом, так и его подсистем.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.43]

3.19

число попыток (trial): Число, используемое для определения количества попыток, которые испытуемый робот должен выполнить в соответствии со стандартным методом испытаний, чтобы получить результаты, соответствующие требуемой статистической достоверности.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.44]

3.20

экстремальные условия (extreme conditions): Условия применения робота, характеризующиеся воздействием техногенных, природных и других факторов, имеющих экстремальные, т. е. предельно возможные постоянные значения.

[ГОСТ Р 60.6.3.1—2019, статья 2.46]

4 Условия проведения испытаний

4.1 Роботы для работы в экстремальных условиях должны обладать способностью работать дистанционно с использованием установленного оборудования радиосвязи как в зоне прямой видимости, так и вне зоны прямой видимости, обеспечивая прохождение сигнала через такие преграды, как здания, каменные кладки и тоннели. К дополнительным требованиям к системе радиосвязи относят работоспособность в условиях электромагнитных помех, обеспечение безопасности связи и регистрации данных. Стандартные методы испытаний необходимы для оценки соответствия этим требованиям испытуемых роботов.

4.2 Данный метод испытаний радиосвязи вне зоны прямой видимости является частью испытательного комплекта по радиосвязи, включающего разные методы испытаний дистанционного взаимо-

действия с роботом, и определяет показатели и порядок проведения испытаний для оценки возможностей и качества радиоканалов (беспроводной связи) между рабочим местом оператора и испытуемым роботом в условиях отсутствия прямой видимости, к которым относятся управляющий канал и каналы телеметрии для передачи визуальных, звуковых и других сенсорных данных.

4.3 Испытательный комплект по радиосвязи обеспечивает количественную оценку основных возможностей по радиосвязи, необходимых телеуправляемым наземным роботам, действующим в экстремальных условиях. Заказчики испытаний могут применять весь испытательный комплект или его часть, основываясь на своих технических требованиях. Кроме того, заказчики испытаний могут установить дифференцированные весовые коэффициенты для отдельных методов испытаний или для определенных показателей данного метода испытаний на основе своих технических требований. Результаты испытаний должны в совокупности представлять общую оценку возможностей робота по радиосвязи. Эти данные могут быть использованы при выборе роботов или при проведении приемочных испытаний роботов, предназначенных для работы в экстремальных условиях.

Примечание — Аварийно-спасательные службы могут установить дополнительные или усовершенствованные требования к возможностям роботов по радиосвязи, включая вновь появившиеся требования и даже новые прикладные области. Им также могут потребоваться роботы с более высоким уровнем автономности, помимо телеуправления, чтобы снизить рабочую нагрузку на оператора. Кроме того, аварийно-спасательные службы, работающие в особо сложных экстремальных условиях, могут предъявлять специфические требования к возможностям роботов, что потребует разработки новых стандартов. Тем не менее, настоящий стандарт является самостоятельным и полным.

4.4 В данном методе испытаний использованы задания по дистанционному маневрированию и обследованию целевых объектов на испытательных постах для оценки способности робота выполнять задания с помощью системы радиосвязи при отсутствии прямой видимости с рабочим местом оператора. Данный метод испытаний определяет среду с преградой для распространения радиоволн и с учетом влияния земной поверхности.

4.5 Маршрут движения робота в ходе испытаний должен проходить по ровной поверхности с покрытием, имеющей не менее 1000 м в длину и 20 м в ширину с нанесенной линией, обозначающей маршрут движения робота. Пространство не менее 50 м с каждой стороны от осевой линии маршрута движения робота должно быть свободно от каких-либо препятствий или отражающих объектов для того, чтобы минимизировать эффект многократного отражения радиоволн.

4.6 Шесть штабелированных стандартных транспортировочных контейнеров, определенных Международной организацией по стандартизации (ИСО), образуют преграду шириной 24 м и высотой 7 м, перекрывающую прямую видимость и примыкающую к осевой линии траектории движения робота, что требует от робота повернуть на 90° от осевой линии траектории, чтобы выполнить задания вне зоны прямой видимости в радиотени от преграды.

4.7 Один испытательный пост должен быть размещен на расстоянии 100 м перед преградой из штабелированных контейнеров ИСО на осевой линии в прямой видимости от рабочего места оператора для проверки работоспособности системы радиосвязи. Остальные испытательные посты должны быть расположены в установленных местах за преградой из штабелированных контейнеров ИСО. Каждый испытательный пост должен содержать два звуковых и восемь визуальных целевых объектов, установленных на двух основаниях, для заданий по обследованию и нанесенные на земле круговые траектории движения робота вокруг оснований для заданий по маневрированию.

4.8 На каждом испытательном посту робот должен выполнить задание по маневрированию, двигаясь по круговой траектории, и попытку обнаружения каждого из визуальных и звуковых целевых объектов.

4.9 Визуальные и звуковые целевые объекты должны быть идентифицированы на каждом испытательном посту с помощью обращенных вперед телекамер робота. Для этого робот должен объезжать основания испытательных постов по окружности, поворачиваясь к целевым объектам со всех четырех сторон. Это обеспечит проверку отсутствия проблем с направленностью антенн при передаче или получении сигналов по радиосвязи.

4.10 Способность робота работать вне зоны прямой видимости оценивают числом успешно пройденных испытательных постов, расположенных за преградой из штабелированных контейнеров ИСО, что характеризует функциональные возможности робота по передаче управляющих, визуальных и звуковых данных, то есть способность робота работать в условиях отсутствия прямой видимости.

4.11 Для испытаний робота должно быть использовано телеуправление из указанного руководителем испытаний рабочего места оператора с помощью операторского пульта управления. Рабочее место

оператора должно быть расположено и оборудовано так, чтобы изолировать оператора от прямого визуального и звукового контактов с испытательным оборудованием и роботом.

4.12 Оператор может провести тренировку до начала испытания. Он также может отказаться от проведения испытаний до их начала. В ходе испытания не должно быть общения между оператором и руководителем испытаний, кроме команды начать испытание и сообщений о неисправностях робота или нарушении мер безопасности. Оператор несет полную ответственность за определение того, завершил ли робот и когда завершил очередную попытку, и за уведомление об этом руководителя. Решение о выполнении очередной попытки принимает только руководитель испытаний.

Примечание — Тренировка на данном испытательном оборудовании может помочь установить пригодность робота для данного метода испытаний. Она позволяет оператору ознакомиться со стандартным оборудованием и условиями внешней среды. Она также помогает руководителю испытаний, если требуется, установить начальные параметры оборудования для проведения испытаний.

4.13 Заказчик испытаний имеет право установить порядок и условия проведения испытаний, включая:

- список роботов, допущенных к участию в испытаниях;
- график проведения испытаний;
- испытательный полигон, который подготовлен для данного метода испытаний;
- условия внешней среды во время испытаний;
- настройки испытательного оборудования;
- значения статистической надежности и достоверности результатов испытаний.

4.14 Заказчик испытаний имеет право задать условия освещенности и другие параметры внешней среды, которые могут повлиять на результаты испытаний. Все значения параметров внешней среды должны быть занесены в протокол испытаний. Поскольку данное испытательное оборудование должно располагаться на открытом воздухе, строгий контроль параметров внешней среды невозможен. Различные условия испытаний, такие как типы и состояния поверхности оборудования, включая наличие влаги, наряду с температурой и влажностью воздуха могут быть заданы заказчиком испытаний. Средства измерений для контроля параметров внешней среды обеспечивает организация, предоставляющая испытательное оборудование для проведения испытаний. Требования к точностным характеристикам средств измерений не предъявляют. Фактические значения параметров внешней среды должны быть занесены в протокол испытаний.

4.15 Испытания согласно данному методу следует проводить в полевых условиях, где возможно разместить испытательное оборудование.

5 Требования к проведению испытаний

5.1 Основной целью использования роботов в аварийно-спасательных операциях является повышение безопасности и эффективности работы сотрудников аварийно-спасательных служб, работающих в опасных средах и труднодоступных местах. При многократном выполнении попыток результаты испытаний робота статистически демонстрируют надежность выполнения роботом задания и таким образом обеспечивают заказчика испытаний достоверными данными по применимости данного робота.

5.2 Данный метод испытаний относится к проверке соответствия требованиям, предъявляемым сотрудниками аварийно-спасательных служб и представителями других заинтересованных организаций к рабочим характеристикам роботов. Рабочие характеристики робота, полученные с помощью данного метода испытаний, свидетельствуют о возможности его применения в чрезвычайных ситуациях. Доступная номенклатура роботов, успешно прошедших испытания, с соответствующими данными об их рабочих характеристиках может быть использована сотрудниками аварийно-спасательных служб при закупках и вводе в эксплуатацию роботов.

5.3 Данный метод испытаний является частью испытательного комплекта по радиосвязи и предоставляет информацию о возможностях подсистемы радиосвязи робота. Характеристика радиосвязи, полученная в результате испытаний, может не соответствовать возможностям радиосвязи в реальных условиях экстремальных ситуаций. Поэтому назначением данного метода испытаний является общее сравнение подсистем радиосвязи разных роботов, которое может помочь при их выборе.

5.4 В процессе испытания робот должен на каждом испытательном посту выполнить задания согласно разделу 4. При этом робот должен выполнить заданное число попыток в режиме телеуправления, не покидая оборудование. Во время выполнения роботом попыток человек не должен осущест-

влять какое-либо физическое вмешательство, включая регулировку, техническое обслуживание или ремонт робота и операторского пульта управления, а также подзаряжать источники питания робота и пульта управления. Любые подобные действия следует рассматривать как неисправное состояние.

5.5 Хотя данный метод испытаний был разработан для роботов, предназначенных для выполнения заданий в экстремальных условиях, он также может быть использован и в других областях применения роботов.

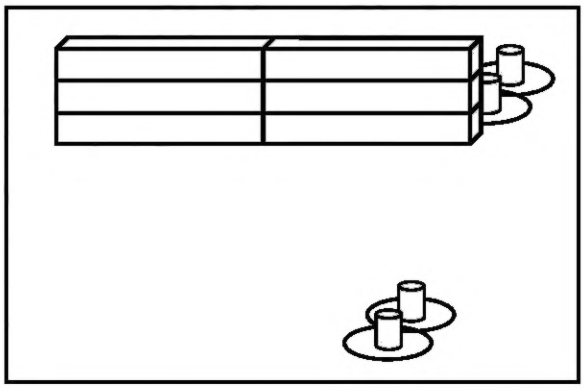
5.6 При проведении испытаний должен быть обеспечен хронометраж с использованием секундомера.

6 Требования к испытательному оборудованию

6.1 Данный метод испытаний радиосвязи вне зоны прямой видимости является частью испытательного комплекта по радиосвязи, включающего разные методы испытаний дистанционного взаимодействия с роботом. Испытательное оборудование, определенное в настоящем стандарте для данного метода испытаний, обеспечивает оценку конкретных способностей роботов с высокой степенью повторяемости, что облегчает сравнение разных моделей роботов, а также разных конфигураций роботов одной модели.

6.2 Для данного метода испытаний определено оборудование, позволяющее проводить испытания с использованием свободного радиочастотного канала, включая стандартный барьер, перекрывающий прямую видимость между операторским пультом управления и испытуемым роботом (рисунок 1).

Примечание — Координацию и совместимость частот в настоящем стандарте не рассматривают. Эти вопросы должны решаться заинтересованными службами (пожарной службой, полицией и городскими поисково-спасательными службами) и включаться в стандартные оперативные процедуры, которыми эти службы руководствуются при реагировании на чрезвычайные ситуации.

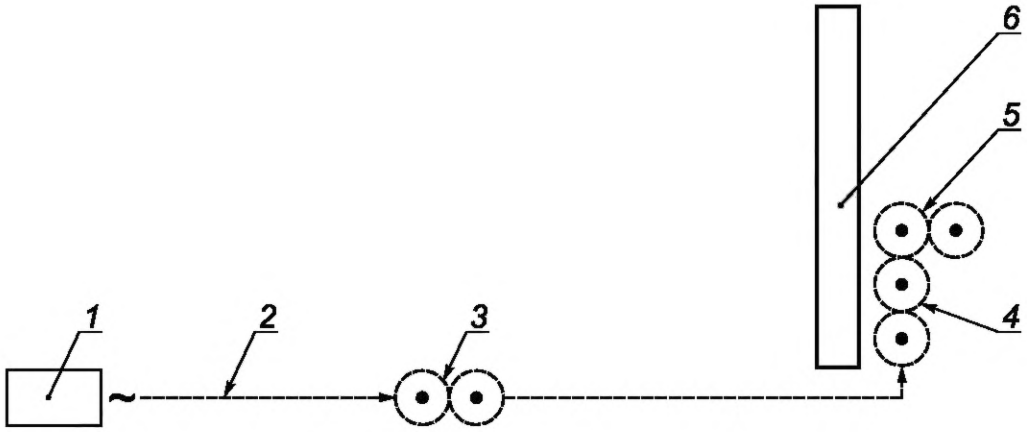


Примечание — Испытательные посты установлены перед и за преградой из поставленных друг на друга шести стандартных 12-метровых транспортировочных контейнеров.

Рисунок 1 — Размещение испытательного оборудования

6.3 Испытательное оборудование должно быть размещено на прямом ровном участке взлетно-посадочной полосы, шоссе или другой асфальтированной или бетонной поверхности длиной не менее 1000 м и шириной 20 м. Данный участок должен быть свободен от препятствий или отражающих радиоволны объектов на расстоянии не менее 50 м по обе стороны от осевой линии, обозначающей маршрут движения робота.

6.4 Шесть штабелированных контейнеров должны образовать воспроизводимую преграду для прямой видимости шириной 24 м и высотой 7 м, примыкающую к линии, обозначающей маршрут движения робота, что требует от робота повернуть на 90 градусов от линии маршрута, чтобы выполнить задания вне зоны прямой видимости в радиотени препятствия (рисунок 2). Щели между соседними контейнерами должны быть полностью закрыты металлом.



1 — рабочее место оператора, расположенное от преграды на расстоянии, равном половине максимальной дальности радиосвязи, определенной при испытании радиосвязи в зоне прямой видимости; *2* — маршрут движения робота; *3* — контрольный испытательный пост на расстоянии 100 м от преграды в зоне прямой видимости; *4* — испытательный пост, параллельный препятствию; *5* — испытательный пост, перпендикулярный к препятствию; *6* — препятствие из шести штабелированных контейнеров шириной 24 м и высотой 7 м

Рисунок 2 — Размещение испытательных постов

6.5 Контрольный испытательный пост должен быть размещен на расстоянии 100 м от преграды из штабелированных контейнеров на осевой линии маршрута движения робота в зоне прямой видимости от рабочего места оператора для проверки работоспособности системы радиосвязи робота до того, как робот завернет за преграду. Два основных испытательных поста должны быть расположены в заданных местах за преградой из штабелированных контейнеров (рисунок 2).

6.6 На каждом испытательном посту на земле должны быть нанесены две круговые траектории движения робота с радиусом 2 м каждая (рисунок 2). Круговые траектории движения робота должны быть касательными по отношению друг к другу, а точка их соприкосновения служит для измерения расстояния от рабочего места оператора. Маркировка на круговых траекториях должна указывать места, где робот должен поворачиваться по направлению к целевым объектам для их идентификации.

6.7 Каждый испытательный пост состоит из двух оснований, расположенных в центрах круговых траекторий робота, на которых нанесены восемь уникальных визуальных целевых объектов, которые должны быть идентифицированы оператором с помощью телевизионной системы и канала радиосвязи робота. Визуальные целевые объекты должны быть расположены с четырех сторон каждого из оснований.

Примечание — Содержание и размер визуальных целевых объектов в настоящем стандарте не определены. В качестве визуальных целевых объектов могут быть использованы, например, стандартные таблицы определения остроты зрения, такие как таблицы Сивцева и Головина. Конкретное содержание и размер визуальных целевых объектов определяет заказчик испытаний.

6.8 Каждый испытательный пост должен быть оснащен двумя источниками звука (динамиками), установленными на двух основаниях, расположенных в центре каждой из двух круговых траекторий. Источники звука должны воспроизводить непрерывную последовательность однозначных чисел, которые должны быть идентифицированы оператором с помощью канала радиосвязи. Числа должны произноситься с помощью синтезированного компьютером голоса с громкостью от 60 до 80 дБ.

6.9 Рабочее место оператора должно быть расположено от преграды из штабелированных контейнеров на расстоянии, равном половине максимальной дальности радиосвязи, определенной при испытании радиосвязи в зоне прямой видимости. Исходная позиция робота должна располагаться вблизи рабочего места оператора на таком же расстоянии от преграды.

6.10 Антенны (их крайние верхние точки) на рабочем месте оператора должны располагаться на высоте не более 2 м от поверхности земли.

6.11 Стандартное испытательное оборудование должно быть легко изготавливаемым из доступных материалов и покупных изделий с использованием нетрудоемких технологий для того, чтобы обеспечить возможность разработчикам и изготовителям роботов самостоятельно оценивать рабочие характеристики роботов, а сотрудникам аварийно-спасательных служб осуществлять обучение и определение квалификации операторов.

7 Требования безопасности

Помимо положения, приведенного в 1.2, которое относится к безопасности человека и охране здоровья, пользователи настоящего стандарта должны также учитывать вопросы сохранности оборудования и проблемы, связанные с присутствием человека и робота в общей зоне проведения испытаний.

Примечание — Неблагоприятные условия внешней среды, при которых проводят данное испытание, могут оказаться тяжелыми не только для людей, но и для роботов, например высокие или низкие температуры, чрезмерная влажность и неровный рельеф, которые могут повредить компоненты робота или вызвать неуправляемые движения робота.

8 Определение характеристик и показателей

8.1 Конфигурация робота при проведении испытаний должна быть подробно описана в протоколе испытаний, включая все подсистемы и компоненты с их характеристиками и функциональными возможностями. Конфигурация робота, при необходимости, должна быть проверена всеми методами испытаний, установленными заказчиком испытаний, чтобы обеспечить достоверное и всестороннее определение его рабочих характеристик. При любом изменении конфигурации робота необходимо проведение повторных испытаний.

8.2 Показателем для данного метода испытаний является число испытательных постов вне зоны прямой видимости, на которых робот успешно выполняет задания, чтобы подтвердить функциональные возможности передачи по радиоканалу команд управления, видео- и аудиоданных.

8.3 Данный показатель разработан для оценки робота в режиме телеуправления, хотя автономная работа робота на данном испытательном оборудовании с использованием установленного показателя также возможна при условии, что будет соблюдена процедура испытания автономного робота на данном испытательном оборудовании с отражением связанных с этим действий в протоколе испытаний.

8.4 Должны быть заданы надежность робота (Н) при выполнении задания с конкретными параметрами оборудования и связанная с этим доверительная вероятность (Д). Заданные значения Н и Д определяют необходимое число успешных попыток и допустимое число сбоев во время испытаний. Для заданной пары значений Н и Д при увеличении допустимого числа сбоев необходимо большее число успешных попыток. Заказчик испытаний имеет право задать значения Н и Д в соответствии со своими целями испытаний. Факторами, которые следует учитывать при определении значений Н и Д, являются:

- требования целевого назначения робота;
- соответствие условиям эксплуатации;
- возможность выполнения необходимого числа попыток;
- материальные затраты на испытания, связанные со временем и персоналом.

Для обеспечения соответствия статистической значимости, установленной по умолчанию как 80 % надежности (вероятности успеха) при 80 % доверительной вероятности, при любых заданных параметрах испытательного оборудования число сбоев (незавершенных попыток или возникновений неисправного состояния) за заданное число попыток должно быть не более следующих значений:

- ни одного сбоя за восемь попыток;
- один сбой за 16 попыток;
- три сбоя за 32 попытки.

Примечание — Данные требования к числу попыток соответствуют числу заданий, выполняемых на каждом испытательном посту. В соответствии с 4.8, 6.7 и 6.8 число таких заданий на каждом посту равно 10.

8.4.1 Если по требованию заказчика испытаний выполняют дополнительные попытки, то требования по допустимому числу сбоев для них могут быть вычислены с использованием общих методов статистического анализа. При этом испытательные посты должны быть перестроены так, чтобы можно было выполнить необходимое число заданий.

9 Порядок проведения испытаний

9.1 Для обеспечения повторяемости данных и организации испытаний руководитель испытаний должен перед началом испытаний получить и зарегистрировать в протоколе указанные в 9.2 исходные данные. Неисправные состояния следует фиксировать в ходе испытаний и регистрировать в протоколе испытаний.

Примечание — Разные модели роботов, участвующих в испытаниях, могут частично объяснить различия в результатах испытаний. Разное число попыток может отчасти указывать на то, сколько усилий оператор затратил для достижения результата.

9.2 К информации, предваряющей испытания и регистрируемой в протоколе испытаний, относятся:

9.2.1 «Дата» — дата проведения испытаний.

Примечание — Информация о времени проведения испытаний также может быть приведена в данном поле.

9.2.2 «Место» — наименование организации или полигона, где проводятся испытания.

9.2.3 «Адрес» — наименование населенного пункта, района или области, где проводятся испытания.

9.2.4 «Мероприятие/заказчик» — наименование мероприятия по проведению испытаний и заказчика испытаний.

Примечание — Если робота испытывают с целью определения его рабочих характеристик независимо от какого-либо конкретного мероприятия, то в поле «Мероприятие» указывают «Независимое», а в качестве заказчика может выступать, например, изготовитель робота.

9.2.5 «Изготовитель робота» — наименование изготовителя робота.

9.2.6 «Модель робота» — собственное наименование и номер модели, включая любое расширение или примечание, полностью идентифицирующее конкретную модель испытуемого робота.

9.2.7 «Конфигурация робота» — идентификатор конкретной конфигурации робота.

9.2.8 «Оператор/организация» — фамилия и инициалы человека, который будет осуществлять телеуправление роботом при проведении испытаний, наименование организации, к которой относится оператор, и контактная информация.

9.2.9 «Настройки оборудования» — шаг изменения установленного показателя или параметры оборудования, если это применимо.

9.2.10 «Внешняя среда» — условия, при которых проводят испытания, включая уровень освещенности, температуру и влажность.

Примечание — Заказчик испытаний имеет право задать условия внешней среды.

9.2.11 «Связь с роботом» — указывают, использует ли оператор для связи с роботом радиоканал, кабель или их комбинацию при проведении испытаний.

9.2.12 «Номер испытания» — порядковый номер регистрируемого испытания данного робота.

9.2.13 «Руководитель испытаний/организация» — фамилия и инициалы руководителя испытаний, организация, которую он представляет, и контактная информация.

9.2.14 В нижней части протокола испытаний может быть приведена дополнительная информация, например наименования видеофайлов с фиксацией хода испытаний робота.

9.2.15 Примеры представления перечисленной выше информации в верхней и нижней частях протокола испытаний показаны на рисунках 3 и 4.

9.3 Порядок проведения испытаний

9.3.1 Перед началом испытаний оператор должен принять решение: отказаться от проведения испытаний или приступить к испытаниям. После того как оператор приступил к испытаниям, он уже не имеет права отказаться от их проведения.

9.3.2 Руководитель испытаний устанавливает и проверяет настройки оборудования и регистрирует их в протоколе испытаний.

9.3.3 Руководитель испытаний проверяет соответствие заданным параметрам внешней среды, измеряет фоновые радиочастотные излучения из других источников в районе испытаний и регистрирует их в протоколе испытаний.

9.3.4 Руководитель испытаний регистрирует подробную техническую информацию об оборудовании и каналах радиосвязи, которые используют для передачи управляющих, визуальных и звуковых данных между роботом и рабочим местом оператора, а именно: радиочастоты, уровень мощности, тип антенны, коэффициент усиления антенны и схему модуляции.

9.3.5 Оператор устанавливает робота на исходную позицию.

9.3.6 Руководитель испытаний дает команду оператору приступить к выполнению задания, запускает секундомер, когда оператор начинает испытание, и регистрирует общее затраченное время.

9.3.7 Оператор управляет роботом для перемещения его к первому испытательному посту и выполнения указанных заданий по управлению и обнаружению визуальных и звуковых целевых объектов в произвольном порядке.

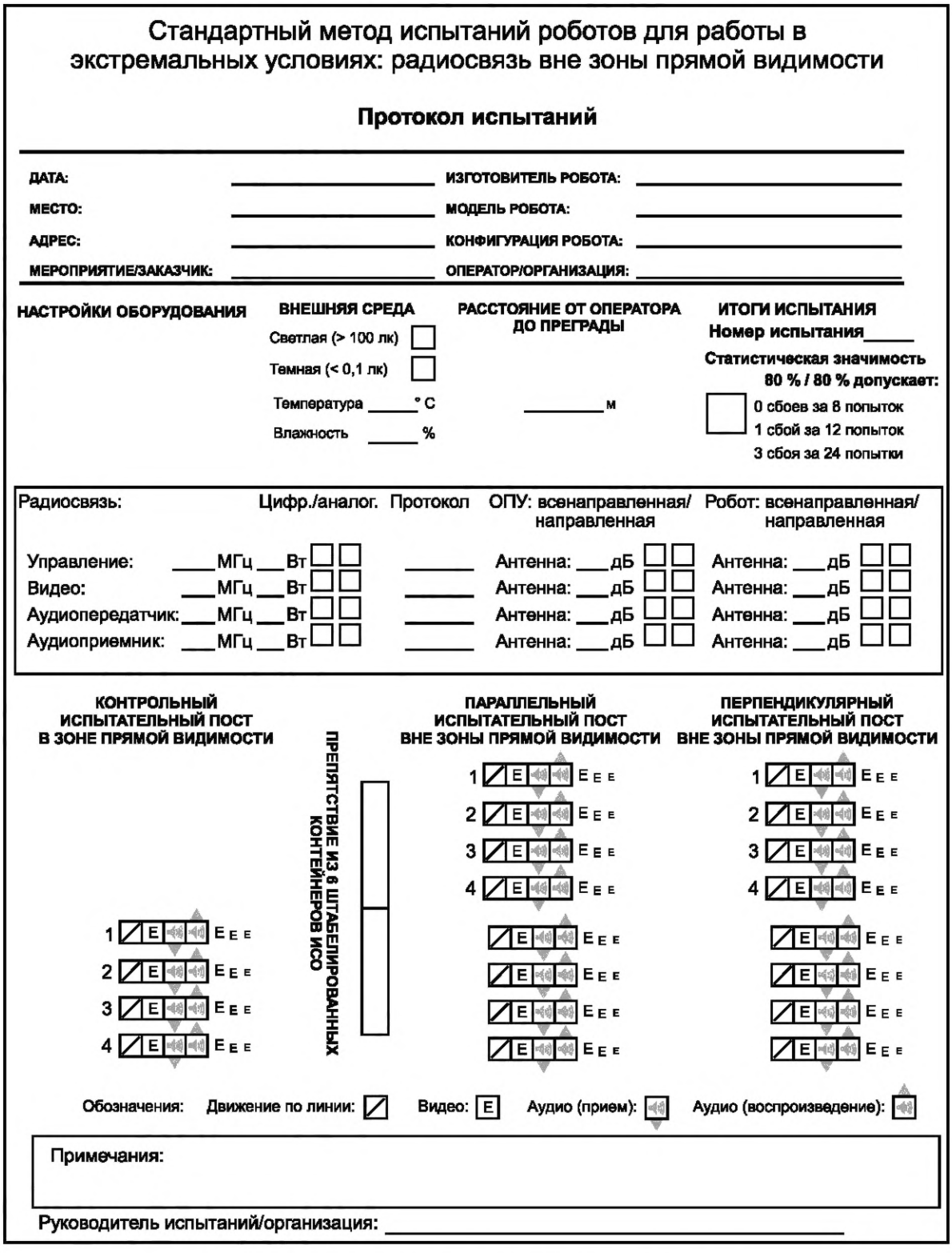


Рисунок 3 — Пример незаполненного протокола испытаний

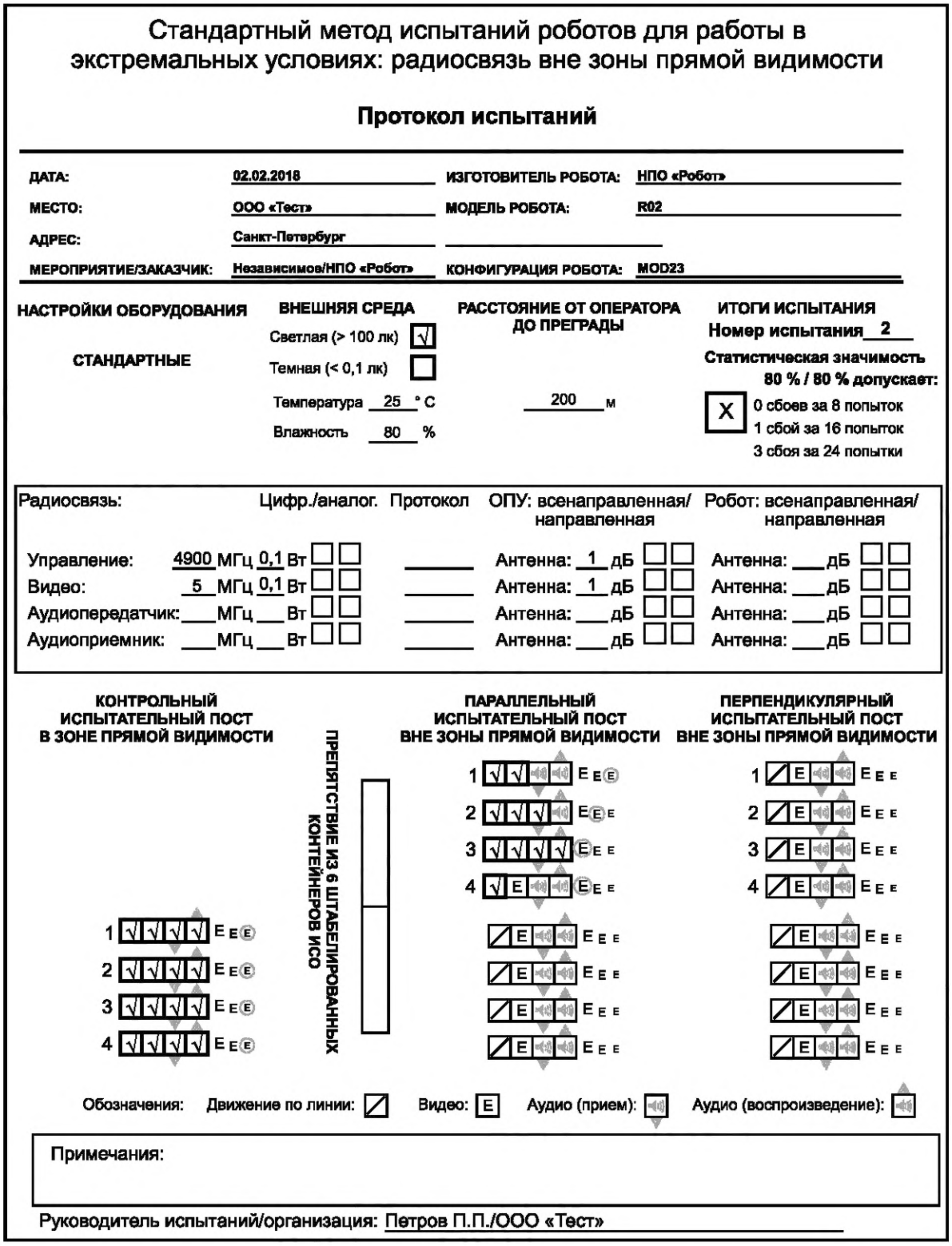


Рисунок 4 — Пример заполнения протокола испытаний

9.3.8 Руководитель испытаний постоянно проверяет, следует ли робот по заданной траекторной линии, которая должна находиться непосредственно под или между точками контакта робота с землей. Руководитель испытаний проверяет, что обнаружение визуальных и звуковых целевых объектов, объяв-

ленных оператором идентифицированными, выполнено правильно. Если робот не в состоянии выполнить какое-либо задание на данном испытательном посту, то это считается неисправным состоянием. Оператор может выбрать завершение испытаний. В противном случае руководитель испытаний, не останавливая секундомер, должен позволить оператору устранить неполадки, вернуть робота обратно на исходную позицию и продолжить испытание по команде руководителя. Руководитель должен отметить в протоколе испытаний наличие неисправного состояния и время, когда произошла остановка, и должен включить в протокол испытаний подробный отчет о техническом обслуживании и ремонте робота, если данные действия имели место. Оператор должен сообщить руководителю о произведенных действиях, чтобы облегчить ему их регистрацию.

Примечание — Если робот не в состоянии выполнить задание, то причинами этого могут быть либо ограничения его возможностей по радиосвязи, либо механические неисправности, не связанные с радиосвязью. Для того чтобы не требовать от руководителя испытаний определения причины в данном случае, неисправное состояние определяют с учетом обеих ситуаций и оператору разрешается вернуть робота на стартовую позицию и при необходимости произвести ремонт. Одним из последствий таких действий будет негативное влияние на временной показатель выполнения задания, при этом данные действия могут не помочь в достижении цели испытаний.

9.3.9 После завершения выполнения заданий на испытательном посту робот перемещается к следующему испытательному посту и повторяет действия по 9.3.8 до тех пор, пока не будут пройдены все испытательные посты, пока не возникнут какие-либо неисправности, указанные в 9.4, или пока расстояние до робота не окажется за пределами рабочего диапазона оборудования радиосвязи.

9.3.10 Руководитель испытаний должен отметить в протоколе испытаний число полностью успешно пройденных испытательных постов в качестве способности системы радиосвязи работать вне зоны прямой видимости при заданных значениях надежности и достоверности, указанных в протоколе испытаний.

9.4 Регистрируемые неисправные состояния:

- невозможность завершить выполнение начатого задания, например, неправильное определение целевого объекта или движение вне заданной траектории.
- наличие постороннего контакта с оператором по поводу состояния робота или других обстоятельств.
- вмешательство человека в работу робота, например, регулировка, техническое обслуживание или ремонт.

10 Требования к отчетности

10.1 Для данного метода испытаний заполняют протокол испытаний. Протокол должен отражать следующие факторы и позволять фиксировать как информацию об испытаниях, так и результаты испытаний:

- контрольные параметры;
- любые дополнительные особенности испытаний, например отражающие профессиональный уровень оператора, проводящего испытания;
- важные замечания, зафиксированные в ходе испытаний, в том числе: возникшие неисправные состояния робота; причины, по которым оператор отказался от проведения испытаний; любые наблюдения руководителя, которые могут дополнить зафиксированные результаты в положительную или отрицательную сторону; любые комментарии, которые оператор потребует занести в протокол;
- условия проведения испытаний и административную информацию в соответствии с 9.2.

10.2 На рисунке 3 приведен пример незаполненного протокола для данного метода испытаний. Протокол испытаний должен быть заполнен полностью, если это возможно. Возможны следующие результаты испытаний, фиксируемые в протоколе испытаний:

10.2.1 Робот не испытывался: раздел результатов в протоколе испытаний должен остаться пустым. В разделе примечаний необходимо указать причину(ы) непроведения испытаний, например:

- метод испытаний не был доступен для проведения испытаний;
- оборудование не могло быть правильно установлено;
- неконтролируемые условия внешней среды;
- трудности составления графика испытаний;
- робот не соответствует области применения данного метода испытаний, например, метод испытаний для наземных роботов не применим к воздушным роботам.

10.2.2 Отказ от испытаний: в правом нижнем углу протокола, например, может быть проставлен соответствующий штамп красного цвета. Условия проведения испытаний и административная информация должны быть приведены в протоколе испытаний. Раздел результатов в протоколе испытаний должен остаться незаполненным.

10.2.3 Успешное распознавание: успешное распознавание очередного целевого объекта может быть обозначено, например, галочкой голубого цвета (символом √) или полученным числовым значением. Все успешные распознавания целевых объектов должны быть четко выделены в протоколе.

10.2.4 Неудачное завершение испытания: данный результат может быть обозначен, например, незаполненным кругом или квадратом, либо символом «X» красного цвета. Если робот не прошел испытания при данной настройке оборудования, то все более сложные настройки оборудования считаются непреодолимыми.

10.2.5 Результат испытания принят, но необходима техническая пауза: данный результат может быть обозначен, например, галочкой (символом √) оранжевого цвета с соответствующей отметкой времени и примечанием, описывающим причину данной технической паузы. Этот результат испытаний соответствует случаю, когда испытательное оборудование требует ремонта или технического обслуживания по причинам, не связанным с ошибкой оператора или неисправностью испытуемого робота, а также при возникновении ошибок, не препятствующих завершению испытаний.

10.3 На рисунке 4 приведен пример заполнения протокола испытаний.

Примечание — Конкретный вид протокола испытаний не стандартизован. Протоколы испытаний могут быть разными по форме, но они должны соответствовать требованиям настоящего стандарта.

11 Результаты испытаний и систематическая ошибка

11.1 Результаты испытаний

11.1.1 Данный метод испытаний, входящий в испытательный комплект по радиосвязи, предназначен для количественного измерения возможностей роботов, предназначенных для работы в средах, сопоставимых с параметрами человека, где возможно проведение многодневных операций на расстояниях километрового диапазона с множеством препятствий на местности с разными фрикционными свойствами поверхности. Для того чтобы определить общую степень пригодности данной конфигурации робота к таким работам, чаще предпочтительной является приблизительная оценка как можно большего числа разнообразных характеристик робота. Поэтому в данном методе испытаний использованы только два испытательных поста вне зоны прямой видимости, а расстояние между ними установлено равным 4 м. Испытания с большим числом испытательных постов и другими расстояниями между ними считаются слишком точными для указанных выше условий эксплуатации и находятся вне области применения данного метода испытаний.

11.1.2 Повторяемость результатов испытаний необходима для подтверждения применимости данного метода испытаний, демонстрируя, что для разных частот радиосвязи, уровней мощности, антенн и схем модуляции данный метод испытаний дает повторяемые результаты в заданных диапазонах. Дискретными приращениями настроек оборудования в данном случае являются расстояния между испытательными постами, которые обеспечивают четкие разграничения между успешными и неудачными попытками и демонстрируют, что данный метод испытаний подходит для оценки способности робота работать вне зоны прямой видимости.

11.1.3 В таблице 1 в качестве примера приведены результаты испытаний для представительного набора испытуемых роботов, использующих разные системы радиосвязи. Фоновые радиочастотные излучения от других источников в районе испытаний были измерены, в результате чего был сделан вывод о том, что они не влияют на работу радиоканалов, используемых испытуемыми роботами. Роботы и, в частности, их подсистемы радиосвязи были проверены на соответствие условиям проведения испытаний.

Таблица 1 — Результаты испытаний радиосвязи с роботом вне зоны прямой видимости

Тип робота	Частота, МГц	Мощность, Вт	Число постов вне зоны прямой видимости с восьмью успешными попытками	Справочный результат испытаний радиосвязи в зоне прямой видимости (восемь успешных попыток на каждом посту), м
C	2412—2472	0,63	0	700
H	2400/1700/1700	0,5/0,5/0,5	0	100
G	2400—2500	1	1	1000
A	2450/155/458	5/5/5	2	1000
B	900/1400	2/0,1	2	300
D	900/1725/468/469	1/2/5/2	2	700
E	4400—4940	0,25	2	900
F	4940—4990	0,4	2	600
I	433/2400/2400	0,5/3/3	2	700
J	2400/4900	<1/<1	2	1000

11.1.4 Числа, приведенные в ячейках четвертой графы таблицы, соответствуют числу успешно пройденных испытательных постов, расположенных вне зоны прямой видимости, т.е. постов, на которых все задания, которые робот должен был выполнить, а именно: маневрирование по круговым траекториям, идентификация визуальных целевых объектов и идентификация звуковых последовательностей чисел, были успешно выполнены для всех восьми попыток без сбоев. Восемь успешных попыток без каких-либо сбоев демонстрируют по крайней мере с 80 % надежности (вероятности успеха) при 80 % достоверности, что робот может успешно выполнить эти задания на данном испытательном посту. Эти значения определены в разделе 8.

Примечание — В пятой графе для справки приведены результаты испытаний радиосвязи в зоне прямой видимости. Числа во второй и третьей графах показывают, что при оснащении робота радиосвязью с более высокими рабочими частотами и с более высокой мощностью антенн робот имеет тенденцию работать лучше при испытаниях в зоне прямой видимости. Антенны, обладающие только одним из этих двух преимуществ, не всегда работают лучше. Существуют дополнительные характеристики антенн, которые могут повлиять на способность работать вне зоны прямой видимости, например используемые коммуникационные протоколы и рабочая высота антенны.

11.1.5 Как указано в 4.3, заказчикам данного метода испытаний рекомендуется оценить его область применения относительно своих конкретных технических требований. Характеристики, полученные на основании только данного метода испытаний, не следует рассматривать в качестве общего представления характеристик всего робототехнического комплекса или подсистемы радиосвязи робота.

11.2 Систематическая ошибка

11.2.1 Систематическая ошибка определяется переменной, соответствующей уровню подготовки оператора. Производительность оператора, как правило, является самой низкой, если он не имеет предварительного опыта проведения испытаний с использованием данного метода. При этом производительность оператора повышается до стабильного уровня после получения достаточной практики.

11.2.1.1 Существуют дополнительные человеческие факторы, которые могут вызывать систематические ошибки, в том числе уровень квалификации, уровень усталости и уровень концентрации оператора. Оператор, который получил соответствующую подготовку и обладает богатым практическим опытом, может работать на более высоком уровне, особенно в случае, когда все возможности робота были полностью проверены на тренировках.

11.2.2 Возможности робота по контролю состояния внешней среды могут повлиять на выполнение задания. Диапазон и поле зрения телевизионной камеры, а также их количество могут повлиять на способность оператора адекватно воспринимать испытательное оборудование и перемещение в нем робота и, соответственно, управлять роботом надлежащим образом.

12 Погрешность испытаний

Использование данного метода испытаний для определения возможностей радиосвязи вне зоны прямой видимости дает в результате погрешность, соответствующую половине единицы, используемой для представления результата испытаний. Поэтому погрешность результатов испытаний по данному методу определена как один испытательный пост. В 11.1.1 определено, что более точное определение погрешности испытаний является несущественным для данного метода испытаний.

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта
ГОСТ Р 60.6.3.1—2019	MOD	ASTM E2521—16 «Стандартная терминология для оценки возможностей роботов для работы в экстремальных условиях»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта: - MOD — модифицированный стандарт.		

УДК 621.865.8:007.52:006.354 ОКС 13.200 25.040.30 ОКПД2 28.99.39.190

Ключевые слова: роботы, робототехнические устройства, роботы для работы в экстремальных условиях, методы испытаний, радиосвязь вне зоны прямой видимости, телеуправление, порядок проведения испытаний, испытательное оборудование, операторский пульт управления, рабочее место оператора

БЗ 1—2020

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

Сдано в набор 27.11.2019. Подписано в печать 03.12.2019. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.

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