ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 60.4.3.4— 2025

Роботы и робототехнические устройства

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РОБОТЫ

Руководство по организации ухудшения связи при проведении испытаний на стадиях жизненного цикла

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «ЭОС Тех» (ООО «ЭОС Тех») совместно с Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации») 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 16 октября 2025 г. № 1226-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к стандарту АСТМ F3243—21 «Стандартный способ реализации ухудшения связи в системах A-UGV» (ASTM F3243—21 «Standard Practice for Implementing Communications Impairments on A-UGV Systems», MOD) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

Наименование 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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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 2
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 3
5 Требования к проведению испытаний 4
6 Требования к оборудованию 5
7 Подготовка к проведению испытаний 6
8 Методы испытаний 9
9 Порядок проведения испытаний 10
10 Погрешность 12
11 Требования к отчетности 12
Приложение Х.1 (справочное) Устройство для ухудшения трафика на кабеле Ethernet в беспроводной точке доступа 14
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте . . . 15

Введение

Требования стандартов комплекса ГОСТ Р 60 распространяются на роботы и робототехнические устройства. Их целью является повышение интероперабельности роботов и их компонентов, а также снижение затрат на их разработку, производство и обслуживание за счет стандартизации и унификации процессов, интерфейсов, 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 моделирования и 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, сервисным мобильным роботам, а также к морским робототехническим комплексам.

Настоящий стандарт относится к тематической группе «Виды и методы испытаний» и распространяется на промышленные транспортные роботы (ПТР). Настоящий стандарт определяет руководство по организации ухудшения связи при проведении испытаний ПТР на стадиях жизненного цикла.

Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к стандарту ASTM F3243—21, разработанному Техническим комитетом F45 ASTM International «Робототехника, автоматика и автономные системы» 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 ASTM F3243—21:

- исключены примечания и сноски примененного стандарта, которые нецелесообразно применять в национальной стандартизации в связи с их содержанием, имеющим справочный характер и относящимся к системе стандартизации США;
- раздел 1 «Область применения» приведен в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5—2001; пункт 1.9 примененного стандарта перенесен во введение как не относящийся к области применения стандарта;
- в раздел 2 «Нормативные ссылки» не включены ASTM F3327, не имеющий аналогов среди межгосударственных и национальных стандартов, и ANSI/ITSDF B56.5, относящийся к системе стандартизации США, которые нецелесообразно применять в национальной стандартизации; соответственно из текста стандарта исключены ссылки на эти документы, имеющие справочный характер, что не влияет на техническое содержание данных пунктов;
- нормативные ссылки на международные и региональные стандарты в примененном стандарте заменены на гармонизированные с ними национальные стандарты в соответствии с ГОСТ Р 1.7—2014, пункт 7.4; добавлена ссылка на ГОСТ Р 60.0.0.4;
- в соответствии с ГОСТ Р 1.7—2014 и ГОСТ Р 1.5—2012 включен раздел 3 «Термины и определения» вместо использованного в примененном стандарте раздела 3 «Терминология», состоящего из пунктов 3.1 и 3.2 «Определения терминов, установленные в настоящем стандарте»;
- на рисунке 2 не приведены наименование и символы национальных институтов США;
- исключены приложения X.2 и X.3, которые нецелесообразно применять в национальной стандартизации в связи с их содержанием, имеющим справочный характер и относящимся к зарубежному оборудованию и программному обеспечению;
- ключевые слова приведены в библиографических данных в соответствии с ГОСТ 1.5—2001 вместо раздела 12 «Ключевые слова» в примененном стандарте.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Роботы и робототехнические устройства

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РОБОТЫ

Руководство по организации ухудшения связи при проведении испытаний на стадиях жизненного цикла

Robots and robotic devices. Industrial transport robots. Guidelines for the implementing communications impairments during testing at life cycle stages

Дата введения — 2026—01—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к проведению испытаний автоматического, автоматизированного или автономного промышленного транспортного робота (ПТР) на стадиях жизненного цикла, направленных на определение влияния ухудшения связи на его работоспособность. Система управления ПТР обычно использует связь между ПТР и внешними стационарными системами и ресурсами, такими как внешняя система управления, система планирования работ и управления группой роботов, управление взаимодействием инфраструктурного оборудования или программы облачных вычислений для решения текущих задач. Ухудшения связи могут привести к различным заранее непрогнозируемым нарушениям работоспособности ПТР или срыву выполнения задания.

1.2 Настоящий стандарт распространяется на организацию ухудшения связи с использованием известных методов при выполнении ПТР тестовых заданий, установленных в других национальных стандартах, посвященных методам испытаний ПТР, обеспечивая создание воспроизводимых ухудшений связи при проведении испытаний в разных местах и в разное время. *В соответствии с требованиями ГОСТ Р 60.0.0.7 ПТР должны проходить испытания на следующих стадиях их жизненного цикла: изготовление (производство), контроль (приемка) и ремонт (модернизация*).

1.3 Настоящий стандарт предназначен для моделирования ухудшения связи, которое может иметь место во время работы ПТР. Настоящий стандарт может быть также применен изготовителями ПТР для подтверждения устойчивости ПТР к определенным видам ухудшения связи. Настоящий стандарт не распространяется на выявление проблем, которые должны быть устранены во время установки и наладки ПТР, например на дублирование IP-адреса в сети.

1.4 Настоящий стандарт распространяется только на способы ухудшения связи, но не устанавливает тестовые задания для ПТР. Задания для ПТР следует выбирать из других национальных стандартов, посвященных методам испытаний ПТР.

1.5 Настоящий стандарт распространяется на методы регистрации типа и степени ухудшения связи, когда ПТР находится в неподвижном состоянии или выполняет задание. Временны́е или пространственные границы, в которых происходят ухудшения связи, включают время, продолжительность, расположение в пределах задания или другие возникающие события.

1.6 Настоящий стандарт не распространяется:

- на ухудшение связи между бортовыми компонентами ПТР, например, между датчиками и бортовыми компьютерами;
- ухудшение связи или точности измерений, напрямую влияющее на внешние системы отсчета или позиционирования, например, на глобальную систему позиционирования, используемую для навигации, и установленные на стене отражатели для измерения дальности или угла.

Издание официальное

1.7 Требования настоящего стандарта не распространяются на весь спектр проблем безопасности, связанных с его применением, при их наличии. Пользователи настоящего стандарта отвечают за разработку необходимых мер безопасности и охраны здоровья, а также за определение применимости законодательных ограничений до использования настоящего стандарта. Следует соблюдать требования стандартов безопасности, применимых к ПТР (например, *ГОСТ Р 60.6.2.2*).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 60.0.0.4/ИСО 8373:2021 Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения

ГОСТ Р 60.0.0.7 Роботы и робототехнические устройства. Жизненный цикл. Общие требования

ГОСТ Р 60.4.0.1 Роботы и робототехнические устройства. Промышленные транспортные роботы. Термины и определения

ГОСТ Р 60.4.3.1 Роботы и робототехнические устройства. Промышленные транспортные роботы. Метод навигационных испытаний в заданной области

ГОСТ Р 60.4.3.2 Роботы и робототехнические устройства. Промышленные транспортные роботы. Руководство по представлению параметров внешней среды при проведении испытаний на стадиях жизненного цикла

ГОСТ Р 60.4.3.5 Роботы и робототехнические устройства. Промышленные транспортные роботы. Метод испытаний по своевременной остановке перед препятствием

ГОСТ Р 60.6.2.2 (ИСО 3691-4:2023) Роботы и робототехнические устройства. Транспортные логистические роботы. Требования безопасности и методы оценки соответствия

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.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ Р 60.0.0.4* и *ГОСТ Р 60.4.0.1,* а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **ухудшение связи** (communications impairment): Заданное изменение характеристик связи, которое может включать изменения в состоянии подключения, задержке, скорости передачи данных и/или целостности данных между ПТР и другим оборудованием, являющимся частью промышленного транспортного робототехнического комплекса.

3.2

***облачные вычисления** (cloud computing): Парадигма для предоставления возможности сетевого доступа к масштабируемому и эластичному пулу общих физических и виртуальных ресурсов с предоставлением самообслуживания и администрированием по требованию.*

Примечание — Примеры ресурсов включают серверы, операционные системы, сети, программное обеспечение, приложения и оборудование для хранения данных.

[ГОСТ ISO/IEC 17788—2016, статья 3.2.5]

3.3

публичное облако *(public cloud): Модель развертывания облачных вычислений, в которой службы облачных вычислений потенциально доступны любому потребителю службы облачных вычислений, при этом ресурсами управляет поставщик службы облачных вычислений.*

[ГОСТ ISO/IEC 17788—2016, статья 3.2.33]

4 Общие положения

4.1 ПТР выполняют разнообразные работы, как внутри, так и вне помещений, во время которых возможно возникновение проблем со связью, которые могут повлиять на управление ПТР и контроль за его работой. Промышленный транспортный робототехнический комплекс (ПТРТК) включает ПТР и все связанные компоненты, оборудование, программное обеспечение и коммуникации, необходимые для создания полностью функциональной системы. Ухудшение связи может вызвать:

- изменения в работе ПТР;
- изменения в поведении компонентов комплекса, таких как управление и планирование;
- изменения в работе или синхронизации оборудования инфраструктуры.

Настоящий стандарт предназначен для обеспечения регистрации выполнения ПТР заданий, когда связь ухудшается определенным и повторяющимся образом.

4.2 Ухудшение связи может возникать между любыми компонентами ПТРТК. На рисунке 1 представлены основные каналы связи, в которых может происходить ухудшение связи. Пронумерованные стрелки на рисунке 1 обозначают различные места, где может возникнуть ухудшение связи. Цвета элементов (зеленый, красный, синий) соответствуют различным типам ухудшения связи, например, два красных элемента отображают сходные типы ухудшения связи, а цифры и стрелка указывают на возможные места ухудшения связи. Ссылки на рисунок 1 присутствуют по всему тексту настоящего стандарта. Кроме того, данный рисунок включен в типовую форму протокола испытаний, где он служит для регистрации руководителем испытаний настроек оборудования и результатов испытаний.

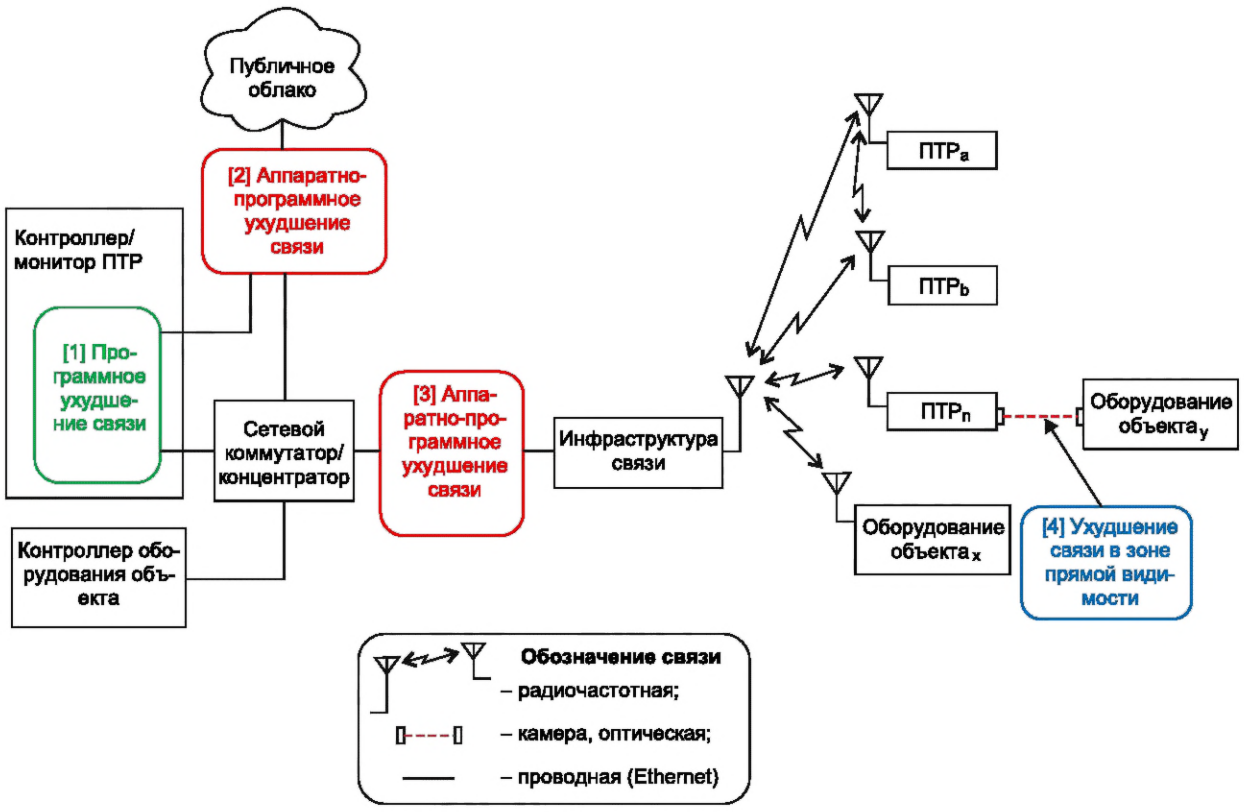


Рисунок 1 — Блок-схема коммуникаций для управления/контроля ПТР и связанного с ними оборудования объекта

4.3 Запрашиваемые ожидаемые результаты предоставляют информацию об успехе или неудаче испытания для регистрации в протоколе, в котором записывают также примечания, относящиеся к самому испытанию и/или к его результатам. Возможно, что созданные ухудшения связи не будут иметь заметного эффекта, и это часто является желаемым результатом.

5 Требования к проведению испытаний

5.1 Общие положения

В данном разделе представлены основные особенности проведения испытаний. Определены два вида испытаний: стационарное испытание и испытания (базовое и при ухудшении связи) при выполнении задания, которое является воспроизводимым репрезентативным или реальным заданием для ПТР. В данном разделе определены варианты реализации ухудшения связи и ожидаемые по итогам испытаний результаты.

5.2 Испытания

5.2.1 Стационарное испытание

Стационарное испытание проводят для того, чтобы убедиться в работоспособности ПТР без его потенциально опасного поведения при нарушениях связи. В данном испытании требуется, чтобы ПТР оставался неподвижным, но в активном состоянии. Данный метод испытания описан в разделах 7—11.

5.2.2 Испытание с использованием стандартного метода

В стандартах, устанавливающих методы испытаний ПТР, определены задания, которые могут быть использованы при испытаниях, определенных в настоящем стандарте, например, задания по навигации, установленные в *ГОСТ Р 60.4.3.1*, задания по своевременной остановке перед препятствием, установленные в *ГОСТ Р 60.4.3.5*.

5.3 Базовое испытание и реализация ухудшения связи

5.3.1 Базовое испытание

Базовое испытание ПТР проводят с выполнением задания без ухудшения связи для того, чтобы убедиться, что задание может быть успешно выполнено при нормальных условиях связи. Следует обеспечить неизменную конфигурацию ПТР при проведении всех испытаний.

5.3.2 Реализация ухудшения связи

При выполнении испытаний в соответствии с настоящим стандартом следует использовать метод ухудшения связи с высокой степенью воспроизводимости. Реализация ухудшения радиочастотной связи по воздуху точным и воспроизводимым методом является достаточно сложной, трудно калибруемой и дорогостоящей. Поэтому для реализации ухудшения связи при передаче данных в ПТРТК можно использовать программное обеспечение управления трафиком в проводном сегменте топологии сети. При этом для создания воспроизводимых ухудшений связи, аналогичных ухудшениям, типичным для беспроводной и проводной связи, следует использовать разные конфигурации программного обеспечения управления трафиком (см. пример в приложении Х.1).

5.4 Виды ухудшения связи и рекомендации по их воспроизводимости

Многие ухудшения связи могут быть реализованы с помощью проводных соединений и программного обеспечения управления трафиком. Далее определены основные типы ухудшения связи.

5.4.1 Прерывание связи на ограниченное время

Связь, беспроводная и проводная, может быть прервана по многим причинам, включая помехи, потерю мощности сигнала, чрезмерную нагрузку каналов связи и отказ оборудования. В зависимости от применяемого сетевого оборудования и протоколов связи в ПТРТК возможны две ситуации при ухудшении связи: данные будут поставлены в очередь и отправлены при восстановлении связи или данные будут потеряны.

5.4.1.1 Следует использовать программное обеспечение управления трафиком в случае кабельного подключения к комплексу, который обеспечивает управление пропускной способностью канала передачи данных с помощью компьютера для имитации перебоев связи.

5.4.1.2 В качестве альтернативного варианта, проводная линия связи может быть отключена на указанное время, чтобы создать прерывание связи.

5.4.1.3 Для других видов связи прерывание связи на ограниченное время также может быть реализовано. Например, открытый оптический канал связи с ПТР в ближней зоне может быть разорван с использованием непрозрачного объекта, перекрывающего связь в одном или обоих направлениях.

5.4.2 Потеря связи, при которой теряется часть текущего трафика

Данное частичное ухудшение связи также имеет место при беспроводной связи. Но его можно также смоделировать с помощью управляемой компьютером проводной сети.

5.4.3 Связь с ограничением скорости

Для беспроводных технологий связи характерно снижение скорости передачи данных при ослаблении мощности сигнала. Увеличение расстояния между передатчиком и приемником, как это происходит при движении ПТР, является простейшим примером причины ослабления сигнала. На испытательном стенде программное обеспечение управления трафиком может имитировать данное ограничение скорости передачи данных с большей воспроизводимостью без использования трудноуправляемого и с потенциально неизвестными условиями радиочастотного метода связи.

5.4.4 Задержка связи

Беспроводные технологии связи могут вызвать перегруженность канала или использовать стратегии с многократным переприемом, что является причиной задержек связи. Проводные системы связи с серверами, особенно вне места эксплуатации (с использованием облачных вычислений), могут вызывать задержки связи. Проводные методы, управляемые компьютером, могут имитировать задержку связи с высокой степенью воспроизводимости.

5.5 Область ухудшения связи

5.5.1 Ухудшение связи, основанное на времени

Для каждого ухудшения связи определяют время начала и время окончания или длительность.

5.5.2 Ухудшение связи, основанное на местоположении

Задают местоположения ПТР на испытательном стенде: где ухудшение связи должно начаться и где закончиться.

5.5.3 Количественная оценка каждого ухудшения связи

Задают количественную величину ухудшения связи, например, длительность введенной задержки связи, ограничение скорости передачи данных или процент потери данных.

5.6 Комбинации типов ухудшения связи

Ухудшения связи при испытаниях могут быть введены по отдельности, последовательно или в комбинации.

6 Требования к оборудованию

6.1 Для проведения испытаний требуется дополнительная аппаратура помимо ПТРТК, которая может многократно воспроизводить управляемые ухудшения связи. Испытательная аппаратура для управления ухудшением связи должна быть технологичной, чтобы облегчить проведение испытаний изготовителями, установщиками и пользователями ПТР. Пример приведен в приложении Х.1.

Примечание — Рекомендуется проконсультироваться с изготовителем ПТР перед реализацией ухудшения связи, поскольку неправильно примененное ухудшение связи (например, снятие антенны) может привести к повреждению компонентов ПТР.

6.2 Аппаратура для реализации ухудшения связи должна быть разработана для реализации одного или нескольких из следующих вариантов.

6.2.1 Программное обеспечение управления трафиком, реализующее программное ухудшение связи.

6.2.2 Разрываемое кабельное соединение.

6.2.3 Блокируемая оптическая связь.

6.3 Проводные, управляемые компьютером ухудшения связи, использующие программное обеспечение управления трафиком, идеально подходят для испытаний с высокой степенью воспроизводимости. Пример метода прерывания связи показан в приложении Х.1.

7 Подготовка к проведению испытаний

7.1 Характеристика ухудшения связи

7.1.1 Заказчик испытаний должен определить и описать каждое ухудшение связи, подлежащее испытанию: способ его реализации, тип, местоположение и границы.

7.1.2 Необходимо использовать метод проверки влияния ухудшения связи, а результаты испытания — документировать. Например, для проверки влияния примененных ухудшений связи можно использовать такие методы определения связности узлов в сети, как «запрос отклика (ping)» или утилита «iperf». Лучшим вариантом является проверка с использованием стационарного испытания, определенного в 5.2.1 и 9.4.

7.2 Выполнение испытаний ПТР

7.2.1 Заказчик испытаний определяет задание, которое должен выполнить ПТР.

7.2.2 Базовое испытание

Должен быть установлен исходный уровень возможностей ПТР. Задание для базового испытания должно быть выполнено без ухудшения связи, а результаты должны быть зарегистрированы в соответствии с используемым методом проведения испытания.

7.2.2.1 Следует исполнить необходимое количество попыток выполнения задания с ненарушенной связью, чтобы подтвердить, что ПТР может выполнить выбранное задание надлежащим образом. Базовое испытание должно быть выполнено в том же пространстве, что и последующие испытания с ухудшением связи. Необходимо зарегистрировать результаты базового испытания (например, успех/неудача, время выполнения, тормозной путь), чтобы убедиться, что ПТР может выполнить задание надлежащим образом.

7.2.2.2 Если предполагается сравнить результаты базового испытания с результатами испытаний с ухудшением связи, то необходимо выполнить полное испытание, как определено в методе проведения испытания.

7.2.3 Испытание с ухудшением связи

7.2.3.1 Заказчик испытания должен определить и зарегистрировать ожидаемые допустимые действия ПТР при реализации ухудшения связи. Примерами действий ПТР, допустимых заказчиком, являются:

- остановка и возобновление движения без вмешательства человека;
- остановка, требующая вмешательства человека для продолжения движения;
- кратковременное прекращение выполнения задания;
- изменение запланированного маршрута движения;
- изменение световой или звуковой индикации.

Пример ожидаемых действий ПТР может быть следующим:

7.2.3.2 Действия ПТР будут соответствовать предполагаемому результату, указанному в выполняемом задании.

7.2.3.3 Действия ПТР не будут соответствовать предполагаемому результату, указанному в выполняемом задании.

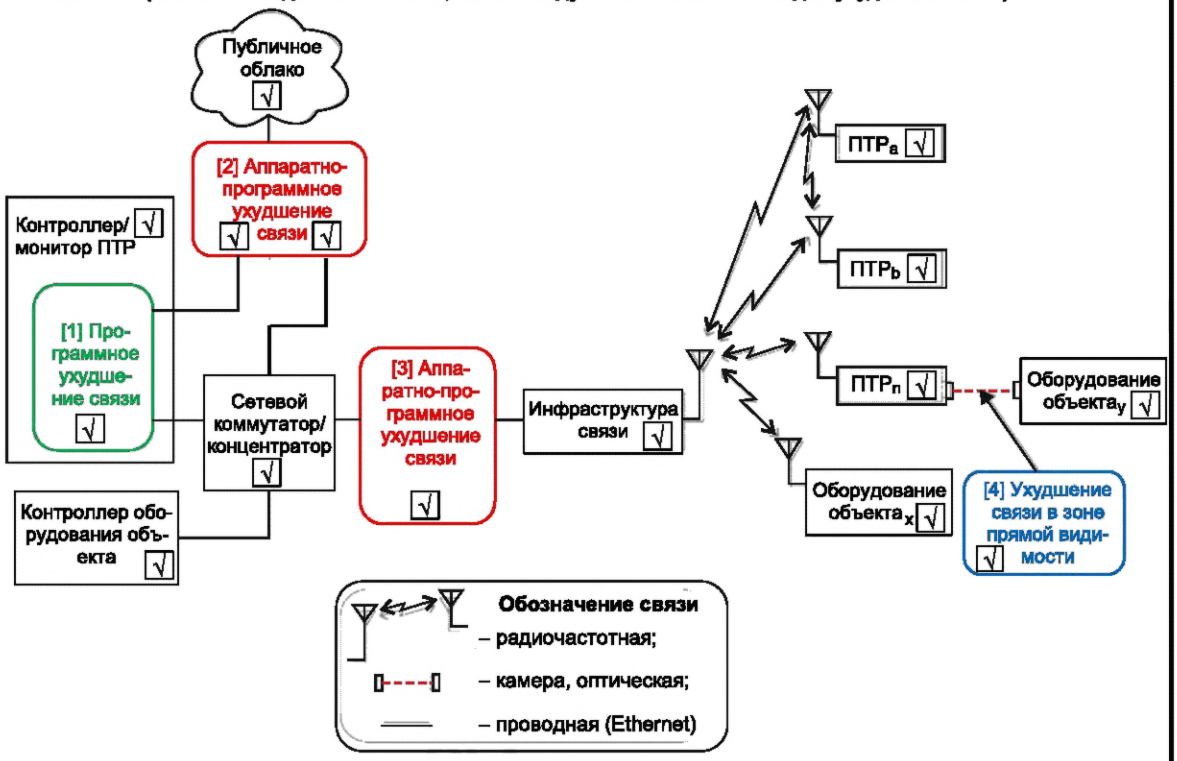
7.3 Необходимо описать ожидаемые действия ПТР относительно базового испытания.

7.4 Следует выполнить задание, описанное в разделе 8, с нарушениями связи, установленными заказчиком испытаний, и зарегистрировать результаты. Пример формы протокола испытаний показан на рисунке 2.

Стандартный метод ухудшения связи ПТР

ДАТА:	_____	**ИЗГОТОВИТЕЛЬ:**	_____	**ЗАКАЗЧИК:**	_____
МЕСТО:	_____	**МОДЕЛЬ ПТР:**	_____	**РУКОВОДИТЕЛЬ:**	_____
АДРЕС:	_____	**КОНФИГУРАЦИЯ:**	_____	**ТЕХНИК:**	_____
ИСПЫТАНИЕ:	_____	**ОПЕРАТОР:**	_____	**№ ИСПЫТАНИЯ:**	_____
СРЕДА:	_____	**ОРГАНИЗАЦИЯ:**	_____	**ПОПЫТКИ:**	_____

Связь ПТР: (описание каждого компонента, связи между компонентами и методов ухудшения связи)



Компоненты комплекса ПТР

Контроллер/монитор ПТР: _____
Сетевой коммутатор/концентратор: _____
Контроллер оборудования: _____
Инфраструктура связи: _____

ПТРa: _____
ПТРb: _____
ПТРn: _____
Оборудование объектаx: _____
Оборудование объектаy:

Описание, что использовалось для ухудшения связи:

Описание, как проверен метод ухудшения связи:

Техник-испытатель: _____

Рисунок 2 — Пример протокола испытаний с ухудшением связи, *лист 1*

Стандартный метод ухудшения связи ПТР

Вид испытания: [√] Стационарное испытание [√] Испытание с использованием стандартного метода

Описание задания, которое выполняет ПТР

Схема с размерами и обозначениями топологии связи и местами ухудшения связи:
(указать, где в оборудовании имеет место нарушение связи; отметить любые особенности оборудования, которые могут быть использованы для ухудшения связи)

Техник-испытатель: _____

Рисунок 2, *лист 2*

Стандартный метод ухудшения связи ПТР

☑ Стационарное испытание ☑ Испытание с использованием стандартного метода

Определение критерия успеха	a) b) c)	a) b) c)

Критерии успеха

Попытка	a	b	c	Успех	Неудача	Примечания
1	☑	☑	☑	☑	☑	
2	☑	☑	☑	☑	☑	
3	☑	☑	☑	☑	☑	
4	☑	☑	☑	☑	☑	
5	☑	☑	☑	☑	☑	
6	☑	☑	☑	☑	☑	
7	☑	☑	☑	☑	☑	
8	☑	☑	☑	☑	☑	
9	☑	☑	☑	☑	☑	
10	☑	☑	☑	☑	☑	
11	☑	☑	☑	☑	☑	
12	☑	☑	☑	☑	☑	
13	☑	☑	☑	☑	☑	
14	☑	☑	☑	☑	☑	
15	☑	☑	☑	☑	☑	
16	☑	☑	☑	☑	☑	
17	☑	☑	☑	☑	☑	
18	☑	☑	☑	☑	☑	
19	☑	☑	☑	☑	☑	
20	☑	☑	☑	☑	☑	
21	☑	☑	☑	☑	☑	
22	☑	☑	☑	☑	☑	
23	☑	☑	☑	☑	☑	
24	☑	☑	☑	☑	☑	
25	☑	☑	☑	☑	☑	
26	☑	☑	☑	☑	☑	
27	☑	☑	☑	☑	☑	
28	☑	☑	☑	☑	☑	
29	☑	☑	☑	☑	☑	
30	☑	☑	☑	☑	☑	

Результат испытания: ☑ Успех ☑ Неудача

Техник-испытатель: _____

Рисунок 2, *лист 3*

8 Методы испытаний

8.1 Следующие методы испытаний описывают порядок проведения испытаний с ухудшением связи ПТР в местах, показанных на рисунке 1, для двух случаев:

8.1.1 Испытание ПТР, находящегося в стационарном, но функциональном состоянии, названное «Стационарным испытанием».

8.1.2 Испытание ПТР с использованием стандартного метода испытаний, названное «Испытанием с использованием стандартного метода».

8.2 Заказчик испытаний может учесть минимальные требования изготовителя к организации связи его ПТР на объекте или в окружающей среде пользователя. Помимо первоначального ввода ПТР в эксплуатацию, данный метод испытаний предусматривает проверку качества сигнала, испытание самого ПТР и проверку взаимодействия компонентов комплекса, необходимого для намеченного ввода ПТР в эксплуатацию, а также до начала испытаний согласно данному методу. Примерами стандартных методов испытаний являются методы, установленные в *ГОСТ Р 60.4.3.1* и *ГОСТ Р 60.4.3.5*.

8.3 Выбранный метод испытаний должен соответствовать прикладным задачам, для решения которых предназначен ПТР, и внешней среде, в которой он будет работать.

8.4 Как отмечено в 1.7, следует соблюдать требования стандартов безопасности, применимых к ПТР (например, *ГОСТ Р 60.6.2.2*). Нарушение связи с ПТР может привести к неожиданным результатам, о которых руководитель испытаний, оператор ПТР и другой персонал, участвующий в проведении испытаний, должны знать.

9 Порядок проведения испытаний

9.1 Сбор информации до начала испытаний. В целях организации и прослеживаемости данных руководитель испытаний должен сначала получить и зарегистрировать следующую информацию, предваряющую испытания, используя форму протокола, пример которой представлен на рисунке 2. Информация, представленная в разделе 11, должна помочь руководителю испытаний при заполнении данной формы.

9.1.1 «Дата» — дата проведения испытаний. Некоторые методы испытаний, когда это четко заявлено, могут допускать выполнение попыток в течение нескольких дней. Информация о времени проведения испытаний также может быть указана в данном поле.

9.1.2 «Место» — наименование организации или полигона, где проводят испытания.

9.1.3 «Адрес» — наименование населенного пункта, района или области, на территории которых проводят испытания.

9.1.4 «Событие» — если существует причина, по которой было заказано проведение данных испытаний, то она должна быть указана в данном поле.

9.1.5 «Внешняя среда» — следует заполнить протокол испытаний в соответствии с *ГОСТ Р 60.4.3.2*.

9.1.6 «Изготовитель» — наименование изготовителя или разработчика ПТР и контактная информация.

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

9.1.8 «Конфигурация» — перечень параметров программного и аппаратного обеспечения ПТР.

9.1.9 «Оператор» — фамилия и инициалы оператора ПТР, наименование организации, в которой работает оператор, и контактная информация.

9.1.10 «Организация» — наименование и контактная информация организации, в которой данный ПТР должен быть установлен и использован.

9.1.11 «Заказчик испытаний» — фамилия и инициалы заказчика испытаний, организация, которую он представляет, и контактная информация.

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

9.1.13 «Техник-испытатель» — фамилия и инициалы сотрудника(ов), непосредственно проводящего(их) испытания, организация, которую он(и) представляет(ют), и контактная информация.

9.1.14 «Номер испытания» — номер, под которым зарегистрировано данное испытание.

9.1.15 «Попытки» — число попыток, которое должно быть выполнено в процессе испытаний.

9.2 Результаты испытаний. Если ПТР продемонстрировал ожидаемые результаты, определенные заказчиком до начала испытаний, то испытания признают успешными. Если ПТР не может выполнить задание так, как это определено заказчиком испытаний, то испытание должно быть остановлено, а причина неудачи должна быть задокументирована. Результат данного метода испытаний ПТР может быть признан успешным только в том случае, если заданные критерии успеха достигнуты во всех попытках, выполненных в соответствии с требованиями метода испытания. Любые возникающие сбои и последующие предпринимаемые действия должны быть задокументированы. Примеры критериев успеха представлены далее.

9.2.1 ПТР выполнил поставленное задание, поддерживая заданный темп выполнения задания (например, без прерывания, не медленнее или без запаздывания).

9.2.2 ПТР выполнил поставленное задание с допустимой задержкой [например, данный критерий не выполнен, если ПТР слишком надолго остановился на пути к цели (например, на 2 с), когда никакие препятствия не были причиной остановки].

9.2.3 ПТР выполнил поставленное задание, не сталкиваясь с оборудованием или не отклоняясь от ожидаемого маршрута.

9.2.4 ПТР выполнил поставленное задание без вмешательства человека (например, ПТР выполняет задание самостоятельно).

9.2.5 ПТР выполнил поставленное задание с участием человека (например, техник-испытатель или кто-либо другой помог ПТР возобновить движение после остановки, как и требовалось).

9.2.6 Вмешательство человека. Конфигурация ПТР или оборудования не должна быть изменена вручную во время испытания. Внесение любого изменения в ПТР, например, регулировка, изменение конфигурации, техническое обслуживание или ремонт во время приостановки испытаний являются неисправным состоянием. Вмешательство человека между выполнением попыток не считается неисправностью, если конфигурация ПТР и настройки оборудования не изменяются. (Изменения конфигурации, выполняемые программным обеспечением системы управления ПТР без вмешательства человека, разрешены в любое время.) Вмешательство человека во время выполнения задания может быть допустимо, если оно определено заказчиком испытаний как критерий успеха (см. 9.2.5).

9.2.7 Аварийная остановка. Любое включение аварийной остановки во время выполнения задания является неудачным завершением испытания. Данный критерий является существенным, поскольку в противном случае аварийная остановка может быть использована для предотвращения выезда ПТР за пределы испытательного стенда или изменения динамических характеристик ПТР.

9.3 Протоколирование неисправности. Если имеет место неисправное состояние ПТР или сбой, то выполнение попыток останавливают и заполняют протокол испытаний. Новое испытание может быть проведено с использованием других настроек испытательного оборудования (например, с оборудованием других размеров, с другими параметрами внешней среды) и с оформлением нового протокола независимо от неудачного испытания.

9.4 Проведение стационарного испытания

9.4.1 Заказчик испытаний должен четко указать места, где надо будет воспроизвести ухудшение связи ПТР, как показано на рисунке 1.

9.4.2 Заказчик испытаний должен задать число попыток, выполняемых в процессе испытаний. При этом может быть использован один протокол испытаний.

9.4.3 Оператор управляет ПТР, находящимся в стационарном, но функциональном состоянии.

9.4.4 Руководитель испытаний и другой персонал, участвующий в проведении испытаний, должны провести испытания и занести их результаты в протокол, пример которого показан на рисунке 2.

9.4.5 Примерами критериев успеха стационарного испытания являются: ожидаемая реакция ПТР, формируемая его программным обеспечением; включение/выключение световой сигнализации; звуковые сигналы.

9.5 Проведение испытаний с использованием стандартного метода

9.5.1 Заказчик испытаний должен четко указать места, где надо будет воспроизвести ухудшение связи ПТР, как показано на рисунке 1.

9.5.2 Заказчик испытаний должен выбрать стандартный метод испытаний (например, метод навигационных испытаний в заданной области), который необходимо использовать, и число попыток выполнения испытания.

9.5.3 Руководитель испытаний и другой персонал, участвующий в испытаниях, должны выполнить базовое испытание и зарегистрировать результаты в протоколе, соответствующем выбранному методу испытаний, и в протоколе испытаний с ухудшением связи, пример которого показан на рисунке 2.

9.5.4 После этого выполняют испытания согласно выбранному методу, но с воспроизведением ухудшения связи.

9.5.5 Руководитель испытаний и другой персонал, участвующий в испытаниях, должны выполнить заданное число попыток и зарегистрировать результаты в протоколе, соответствующем выбранному методу испытаний, и в протоколе испытаний с ухудшением связи, пример которого показан на рисунке 2.

10 Погрешность

Испытание, определенное в настоящем стандарте, представляет собой испытание типа «прошел/не прошел» для заданного заказчиком испытаний числа попыток. Данное испытание не является количественным, поэтому информация о погрешности и систематической ошибке результата в нем не представлена. Тем не менее важно, чтобы в протоколе испытаний было представлено достаточно данных, характеризующих как ПТР, так и используемое оборудование, чтобы испытания можно было точно повторить в другое время и/или в другом месте и провести сравнение испытуемых ПТР. В частности, время следует измерять и регистрировать с погрешностью не более 1 с, пройденные расстояния следует измерять и регистрировать с погрешностью не более 1 дм, а размеры следует измерять и регистрировать с погрешностью не более 1 см, если заказчиком испытаний не определены другие значения допустимых погрешностей.

11 Требования к отчетности

11.1 Данный метод испытаний требует оформления протокола испытаний. Пример формы протокола испытаний показан на рисунке 2. Заказчик испытаний может также потребовать, чтобы в протокол была внесена дополнительная информация, относящаяся к данному испытанию. Протокол должен содержать приведенные ниже данные наряду с информацией о проведении испытаний и результатами испытаний.

11.1.1 Предварительная информация об испытаниях — в соответствии с 9.1 (см. рисунок 2, *лист 1*).

11.2 Компоненты комплекса ПТР: необходимо указать номер модели и/или любую другую идентифицирующую информацию для каждого из компонентов, используемых при проведении испытания. При необходимости данную информацию представляют на дополнительных листах протокола.

11.2.1 Контроллер/монитор ПТР, например, компьютер, групповой контроллер.

11.2.2 Сетевой концентратор/коммутатор, например, концентратор, использующий подключения Ethernet, FireWire, USB; коммутируемая локальная сеть.

11.2.3 Контроллер оборудования, например, устройство открывания двери, контроллер освещения.

11.2.4 Инфраструктура связи, например, технологии, оборудование и сетевые соединения, позволяющие передавать сообщения на большие расстояния.

11.2.5 $ПТР_a$, $ПТР_b$, $ПТР_n$, например, одиночные ПТР или группа ПТР, обозначенных с «a» по «n».

11.2.6 Оборудование, например, рольганг, двери лифта, защитная световая сигнализация, предупреждения для пешеходов.

11.3 Тип ухудшения связи: необходимо подробно описать (например, текстовое описание, программный код, фотографии и/или чертежи оборудования, диаграмма) систему ухудшения связи, используемую для каждого из следующих вариантов (см. рисунок 2, *лист 1*).

11.3.1 [1] Программное ухудшение связи.

11.3.2 [2] Аппаратно-программное ухудшение связи.

11.3.3 [3] Аппаратно-программное ухудшение связи.

11.3.4 [4] Ухудшение связи в зоне прямой видимости (например, установка преграды между излучателем и детектором).

11.4 Место ухудшения связи: необходимо предоставить любую информацию, необходимую для воспроизведения условий испытания для следующих мест обмена данными:

11.4.1 Между контроллером/монитором ПТР и публичным облаком.

11.4.2 Между контроллером/монитором ПТР и сетевым концентратором/коммутатором.

11.4.3 Между сетевым концентратором/коммутатором и публичным облаком.

11.4.4 Между публичным облаком и сетевым концентратором/коммутатором.

11.4.5 Между сетевым концентратором/коммутатором и инфраструктурой связи.

11.4.6 Между $ПТР_n$ и $оборудованием_y$.

11.4.7 Необходимо включить в протокол следующие описания:

11.4.7.1 Каким образом реализовано ухудшение связи (например, метод ухудшения связи, пример которого представлен в приложении X.1, или другой метод ухудшения связи с его подробным описанием);

11.4.7.2 Способ проверки влияния ухудшения связи (например, свет включился, как и ожидалось, ПТР остановился, как и ожидалось, ПТР продолжил движение к цели, как и ожидалось).

11.5 Вид испытания (см. рисунок 2, *лист 2*): необходимо отметить галочкой поле рядом с типом испытания, которое может быть стационарным или с использованием стандартного метода (например, метода испытаний, установленного в *ГОСТ Р 60.4.3.1*). Кроме того, необходимо описать исполняемое ПТР задание, включая выполненную процедуру настройки. Следует указать как можно больше подробной информации, чтобы испытание можно было воспроизвести.

11.6 Схема с размерами и обозначениями размещения оборудования, использованного для ухудшения связи (см. рисунок 2, *лист 2*). Следует указать, где произошло ухудшение связи, отметив любые особенности оборудования, которые также могут вызвать ухудшение связи (например, металлическая стена, расстояние до инфраструктуры связи).

11.7 Необходимо задать критерии успеха (см. рисунок 2, *лист 3*). Критерии успеха задают для стационарного испытания или для испытания с использованием стандартного метода. Примерами критериев успеха могут быть включение света, как и ожидалось, во время стационарного испытания или продолжение движения ПТР к цели при нарушении связи.

11.7.1 Результаты достижения критериев успешного выполнения каждой попытки должны быть отмечены, как показано на рисунке 2, *лист 3,* для критериев (a)—(c), и помечены галочкой для каждой попытки. Примерами критериев могут быть: прерванное выполнение задания, остановка на месте, небезопасная работа, вмешательство человека, аварийная остановка или другие критерии. Для каждой попытки выполнения задания следует отметить результат выполнения ПТР задания в соответствии с критериями успеха, установленными заказчиком испытаний.

11.7.2 Если заказчик испытаний задал большее число попыток, то следует продублировать рисунок 2, *лист 3,* или аналогичный лист протокола, как требуется для регистрации общего числа попыток.

11.7.3 Следует зарегистрировать важные наблюдения во время испытания, включая возникшие конкретные неисправные состояния, любые наблюдения руководителя испытаний, которые могут дополнить результаты в положительную или отрицательную сторону, или любые комментарии оператора ПТР, которые он захочет внести в протокол. Дополнительные данные, связанные с критериями успеха, также должны быть задокументированы в поле для примечаний по каждой попытке выполнения задания [например, изменения скорости движения ПТР из-за ухудшения связи, время реакции ПТР при выполнении стационарного испытания (см. 9.4.5)].

11.7.4 Для подведения результатов испытаний в нижней части последнего листа протокола испытаний следует использовать следующие обозначения: успех и неудача, выраженные как:

11.7.4.1 «Успех» — все заданные попытки выполнения задания были завершены без ошибок.

11.7.4.2 «Неудача» — испытание не пройдено, если ПТР не смог выполнить какую-либо попытку.

11.8 Протокол испытаний (см. рисунок 2) должен быть заполнен полностью. В ситуации, когда какое-либо поле не подходит для данного испытания, оно должно быть отмечено прочерком.

Примечание — Конкретная форма протокола испытаний не стандартизована. Поэтому допускается использовать разные формы протокола, но соответствующие требованиям к отчетности настоящего стандарта. На рисунке 2 представлен пример протокола испытаний для данного метода испытаний.

Приложение Х.1
(справочное)

Устройство для ухудшения трафика на кабеле Ethernet в беспроводной точке доступа

Х.1.1 Устройство для ухудшения трафика на кабеле Ethernet в беспроводной точке доступа можно создать, используя персональный компьютер с двумя или более проводными портами Ethernet, на который необходимо установить операционную систему Ubuntu Linux. Входные данные, которые следует ввести в командной строке, приведены в Х.1.2.

Х.1.2 Далее приведен пример способа ухудшения связи:

Х.1.2.1 Устанавливают Ubuntu Linux на компьютер с двумя портами Ethernet.

Х.1.2.2 Устанавливают bridge-utils и net-tools:

```
sudo apt install bridge-utils net-tools
```

Х.1.2.3 Принудительно используют метки интерфейса «old style» для простоты и общности для «eth0», «eth1» и т. д. Редактируют «/etc/default/grub», изменив строку:

```
GRUB_CMDLINE_LINUX=""
```

на

```
GRUB_CMDLINE_LINUX="net.ifnames=0 biosdevname=0"
Run "sudo update-grub"
Reboot
```

Х.1.2.4 Создают интерфейс моста между двумя проводными портами Ethernet и разрешают мониторинг трафика с помощью sudo:

```
ifconfig eth0 0.0.0.0
ifconfig eth1 0.0.0.0
brctl addbr br0
brctl addif br0 eth0 eth1
ifconfig eth0 promisc
ifconfig eth1 promisc
```

Х.1.2.5 Запускают команды sudo на машине-мосте для каждого ухудшения по мере необходимости для каждого теста. При этом ухудшение трафика на интерфейсе (например, eth0, eth1) влияет только на исходящий трафик. Добавляют симметричные ухудшения для создания двунаправленного ухудшения трафика.

Х.1.2.5.1 Задержка пакета:

```
tc qdisc add dev eth0 root netem delay 500ms
tc qdisc add dev eth1 root netem delay 500ms
```

Х.1.2.5.2 Потеря пакета:

```
tc qdisc add dev eth0 root netem loss 5%
tc qdisc add dev eth1 root netem loss 5%
```

Х.1.2.5.3 Связь с ограниченной скоростью:

```
tc qdisc add dev eth0 root handle 1: netem delay 100ms
tc qdisc add dev eth0 parent 1: handle 2: tbf rate 256kbit buffer 66000 latency 100ms
tc qdisc add dev eth1 root handle 10: netem delay 100ms
tc qdisc add dev eth1 parent 10: handle 20: tbf rate 256kbit buffer 66000 latency 100ms
```

Х.1.2.5.4 Настройки можно очистить, заменив слово «add» на «del». Удаление корневого интерфейса удаляет все подчиненные (дочерние) интерфейсы, поэтому следующие командные строки удаляют нарушения трафика из любого примера:

```
tc qdisc del dev eth0 root
tc qdisc del dev eth1 root
```

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочных национальных стандартов	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочных стандартов
ГОСТ Р 60.4.0.1—2024	MOD	ASTM F3200—22 «Стандартная терминология для самоходных автоматически управляемых промышленных транспортных средств»
ГОСТ Р 60.4.3.1—2023	MOD	ASTM F3244—21 «Стандартный метод испытаний по навигации. Заданная область»
ГОСТ Р 60.4.3.2—2025	MOD	ASTM F3218—19 «Стандартный способ представления параметров внешней среды для использования с методами испытаний A-UGV»
ГОСТ Р 60.4.3.5—2025	MOD	ASTM F3265-17—23 «Стандартный метод испытаний по измерению расстояния до препятствия с помощью растрового видеоизмерительного прибора»
ГОСТ Р 60.6.2.2—2025 (ИСО 3691-4:2023)	MOD	ISO 3691-4:2023 «Автопогрузчики промышленные. Требования безопасности и верификация. Часть 4. Автоматически управляемые промышленные погрузчики и их системы»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - MOD — модифицированные стандарты.		

УДК 621.865.8:007.52:006.86:006.354

ОКС 25.040.30
43.020
35.240.60

Ключевые слова: роботы, робототехнические устройства, мобильные роботы, промышленные транспортные роботы, проведение испытаний, нарушение связи, активные/пассивные помехи

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

Сдано в набор 20.10.2025. Подписано в печать 05.11.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,97.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
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