ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 62657-2— 2016

Сети промышленной коммуникации

БЕСПРОВОЛОЧНЫЕ КОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ

Часть 2

Обеспечение совместимости

(IEC 62657-2:2013, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Негосударственным образовательным частным учреждением «Новая Инженерная Школа» (НОЧУ «НИШ») на основе перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 4 стандарта, который выполнен Российской комиссией экспертов МЭК/ТК 65, и Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 306 «Измерения и управление в промышленных процессах»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 июня 2016 г. № 468-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 62657-2:2013 «Сети промышленной коммуникации. Беспроволочные коммуникационные сети. Часть 2. Обеспечение совместимости» («Industrial communication networks — Wireless communication networks — Part 2: Coexistence management», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом МЭК ТК 65 «Измерения и управление в промышленных процессах»

5 В настоящем стандарте часть его содержания может быть объектом патентных прав

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

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, определения, сокращения и условные обозначения ... 2
3.1 Термины и определения ... 2
3.2 Сокращения ... 4
3.3 Условные обозначения ... 5
4 Концепция совместимости в автоматизации промышленного производства ... 5
4.1 Общие положения ... 5
4.2 Цель ... 7
4.3 Необходимость осуществления обеспечения совместимости ... 9
4.4 Интерференционный потенциал ... 11
4.5 Дополнительные условия ... 12
4.6 Передовые методики достижения совместимости ... 13
4.7 Концептуальная модель совместимости ... 15
4.8 Обеспечение совместимости и выбор решения беспроводной связи ... 17
4.9 Система обеспечения совместимости ... 19
5 Параметры обеспечения совместимости ... 20
5.1 Общие положения ... 20
5.2 Расшифровка параметров совместимости ... 20
6 Информационные структуры обеспечения совместимости ... 36
6.1 Общие положения ... 36
6.2 Общая характеристика промышленного предприятия ... 37
6.3 Требования приложения к связи ... 38
6.4 Характеристика типа беспроводной системы и типа беспроводного устройства ... 39
6.5 Характеристика беспроводного решения связи ... 43
7 Процесс обеспечения совместимости ... 45
7.1 Общие положения ... 45
7.2 Организация системы обеспечения совместимости ... 48
7.3 Обслуживание системы обеспечения совместимости ... 49
7.4 Этапы осуществления процесса обеспечения совместимости ... 49
8 Шаблоны параметров совместимости ... 57
Библиография ... 61

Введение

Рынок нуждается в сетевых решениях, каждое из которых должно обладать различными характеристиками и функциональными возможностями, соответствующими разнообразным требованиям приложений. Прикладные технологии промышленной автоматизации охватывают различные области промышленного применения, такие как:

- автоматизация процесса, охватывающая, к примеру, следующие отрасли промышленности:
  - нефтегазовую, нефтеперерабатывающую,
  - химическую,
  - фармацевтическую,
  - горнодобывающую,
  - целлюлозно-бумажную,
  - водоочистку и водоподготовку,
  - сталелитейную;
- электроэнергетика:
  - выработка электроэнергии (например, ветряная энергетическая установка),
  - энергоснабжение (энергосистема);
- автоматизированное производство, охватывающее, к примеру, следующие отрасли промышленности:
  - продовольствия и напитков,
  - производства автоматизированных технических средств,
  - машинного оборудования,
  - полупроводников.

Технологии промышленной автоматизации требуют от беспроводных сетей связи иных режимов работы, отличающихся от тех, которые используются, например, в области телекоммуникаций или для коммерческого применения, например пульт дистанционного управления или игрушка. Данные требования промышленной автоматизации определены и приведены в МЭК/ТУ 62657-1. При промышленной автоматизации множество различных беспроводных сетей связи могут работать в одном и том же помещении.

Примерами этих сетей являются МЭК 62591 [6][1] (WirelessHART®[2]), МЭК 62601 [7] (WIA-PA) и МЭК / АСУ ТП 62734 [9] (ИСА100.11а), все эти сети используют IEEE 802.15.4 [18] для использования технологий автоматизации процесса. Другие примеры беспроводных сетей связи указаны в Процедурах Контроля МЭК 61784-1 [3] и МЭК 61784-2 [4], которые используют IEEE 802.11 [14] и IEEE 802.15.1 [16] для автоматизации работы промышленного предприятия. В отличие от проводных промышленных шин (сетей), беспроводные интерфейсы связи могут создавать помехи другим в том же помещении или окружении, мешая друг другу. Таким образом, без предсказуемой уверенности совместимости было бы проблематично иметь несколько беспроводных сетей связи на том же предприятии или производственной среде, особенно потому, что критичность времени, надежность и безопасность эксплуатации не может быть обеспечена в такой среде.

Настоящий стандарт посвящен обеспечению совместимости с предсказуемым уровнем обеспечения совместимости.

Серия МЭК 62657 состоит из двух частей:

- часть 1. Требования к беспроводной связи и спектральные особенности;
- часть 2. Обеспечение совместимости.

МЭК/ТУ 62657-1 [8] регламентируют общие требования промышленной автоматизации и спектральные особенности, которые являются основой для решений промышленной связи. Настоящий стандарт определяет обеспечение совместимости с предсказуемым уровнем обеспечения совместимости. Настоящий стандарт предназначен для упрощения гармонизации будущих поправок к международным, национальным и местным нормативам.

Настоящий стандарт определяет концепцию и процесс обеспечения совместимости. На основании обеспечения совместимости, предсказуемый уровень обеспечения совместимости может быть достигнут для данного диапазона с определенными основными эксплуатационными характеристиками.

---

[1] Цифры в квадратных скобках ссылаются на Список использованной литературы.

[2] WirelessHART является зарегистрированной торговой маркой Фонда Связи HART. Данная информация предоставлена для удобства пользователей настоящего документа и не означает одобрения упомянутого продукта со стороны МЭК. Могут быть использованы эквивалентные продукты, если они могут показать и привести к таким же результатам.

Настоящий стандарт содержит руководство для пользователей беспроводных сетей связи относительно выбора и правильного использования беспроводных сетей связи. Для того, чтобы поставлять на рынок соответствующие беспроводные устройства, настоящий стандарт также содержит описание поведения беспроводных устройств для построения беспроводных сетей связи, соответствующих основным эксплуатационным характеристикам.

Настоящий стандарт основан на анализе ряда международных стандартов, ориентированных на определенные технологии. Целью данного стандарта является не изобретение новых критериев (параметров), а использование уже определенных и стремление к технологической независимости.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сети промышленной коммуникации

БЕСПРОВОЛОЧНЫЕ КОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ

Часть 2

Обеспечение совместимости

Industrial communication networks. Wireless communication networks. Part 2. Coexistence management

Дата введения — 2017—04—01

1 Область применения

Настоящий стандарт.

- определяет основные гипотезы, понятия, параметры и методику процесса совместимости беспроводной связи;
- определяет параметры совместимости и как они используются в приложении, требующем беспроводной совместимости;
- содержит рекомендации, требования и передовые методы по обеспечению работоспособности и функционирования беспроводной связи на автоматизированном промышленном предприятии, которая охватывает весь функциональный цикл совместимости беспроводной связи;
- помогает работе всех вовлеченных лиц с соответствующими обязанностями справляться с важнейшими составляющими на каждом этапе функционального цикла обеспечения совместимости беспроводной связи на автоматизированном промышленном предприятии. Важнейшими составляющими функционального цикла являются планирование, проектирование, установка, реализация, обслуживание, обеспечение и обучение;
- предлагает общую точку отсчета для совместимости беспроводной связи на производственных объектах промышленной автоматизации в качестве однородного руководства в помощь пользователем для проведения оценки и расчета трудозатрат их промышленного предприятия;
- рассматривает функциональные аспекты совместимости беспроводной связи как с точки зрения статической человеко-инструментальной организации, так и динамической самоорганизации сети.

Настоящий стандарт внесет основной вклад в государственные и региональные нормативы.

Это не освобождает устройства от обязанности соответствовать всем требованиям национальных и региональных нормативов.

Примеры:

1 Настоящий стандарт мог бы быть указан в качестве согласованного (гармонизированного) стандарта в Официальном Журнале Европейского Союза (ОЖЕС) для соответствия требованиям Статьи 3.2[20] Европейской директивы «Оконечное радио- и телекоммуникационное оборудование» (R&TTE) в дополнение к прочим согласованным стандартам.

2 Настоящий стандарт мог бы быть указан в Статье 18 [21] Корейского Исполнительного Постановления Закона о Регламенте Радиосвязи.

2 Нормативные ссылки

Нет.

Издание официальное

3 Термины, определения, сокращения и условные обозначения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **помехи от соседних каналов** (adjacent channel interference): Помехи, возникающие, когда два или более беспроводных приложения используют каналы соседней частоты.

3.1.2 **избирательность по соседнему каналу** (adjacent channel selectivity): Способность радиоприемника реагировать на полезный сигнал и отклонять сигналы в каналах соседней частоты.

3.1.3 **антенна** (antenna): Конструкция или устройство, используемое для улавливания или излучения электромагнитных волн.

3.1.4

усиление антенны (antenna gain): Коэффициент отношения мощности, требуемой на входе эталонной антенны, к мощности, подаваемой на входе данной антенны для обеспечения в заданном направлении такой же напряженности на том же расстоянии.

[Федеральный стандарт 1037C:1996, измененный] [19]

3.1.5 **диаграмма направленности передающей антенны** (antenna radiation pattern): Изменение напряженности поля (уровня сигнала) антенны как угловая функция относительно оси.

3.1.6 **приложение автоматизации** (automation application): Приложение измерений и автоматического контроля в областях промышленной автоматизации.

3.1.7 **количество бит данных приложения автоматизации** (automation application data length): Количество октетов, которыми обмениваются на интерфейсе связи.

3.1.8 **полоса пропускания** (пропускная способность) (bandwidth): Разница между верхней и нижней частотой среза.

3.1.9 **центральная частота** (centre frequency): Среднее геометрическое значение нижней частоты среза и верхней частоты среза радиоканала.

3.1.10 **занятость канала** (channel occupation): Время, в течение которого среда передачи данных занята.

Примечание — Помимо самой передачи пользовательских данных, это время включает в себя временные отрезки, необходимые для обработки протокола передачи, например, для передачи подтверждения.

3.1.11

совмещенный канал (co-channel): Эмиссии или передачи в одном и том же частотном канале.

[МЭК 60050-713:1998, статья 713-06-23, измененный] [1]

3.1.12 **совместимость** (coexistence): Состояние совместимости беспроводной связи, при котором все решения беспроводной связи на промышленном предприятии, использующие коллективную среду, выполняют все свои требования приложений связи.

Примечание — Это согласуется с определением совместимости в IEEE 802.15.2—2003 [17].

3.1.13

оценка совместимости (coexistence assessment): Проведение исследования, для того чтобы прийти к решению на основе доказательств пригодности набора продуктов и их установки для достижения совместимости.

[МЭК 62278:2002, статья 3.2] [5]

3.1.14 **обеспечение совместимости** (coexistence management): Процесс создания и поддержания совместимости, включающий в себя организационно-технические мероприятия.

3.1.15 **планирование совместимости** (coexistence planning): Процесс, который описывает закрепление источников беспроводной связи (время, частоты, кодирование, пространство) за каждой системой беспроводной связи для достижения совместимости.

3.1.16 **интерфейс связи** (communication interface): Открытый интерфейс между приложением автоматизации и беспроводным элементом.

Примечание — Для измерений и автоматизации не существует последовательно определенных интерфейсов. Интерфейсом устройства может являться последовательный или параллельный аппаратный интерфейс, интерфейсная шина, программный интерфейс или последовательный, параллельный, дискретный и аналоговый интерфейс.

3.1.17 **загрузка линии связи** (communication load): Требование приложения автоматизации к передаче определенного объема пользовательских данных в пределах определенного отрезка времени.

3.1.18 **коэффициент заполнения** (duty cycle): Коэффициент отношения последовательности передатчика к установленному времени наблюдения для использованного радиоканала.

3.1.19 **время выдержки** (dwell time): Время, потраченное на определенной частоте в течение одного скачка системы со скачкообразным изменением частоты.

3.1.20 **эффективная мощность излучения** (effective radiated power; ERP): Мощность, подаваемая на антенну, умноженная на коэффициент усиления антенны.

3.1.21 **частотный диапазон** (frequency band): Диапазон в частотном спектре, который назначается регулирующими организациями для использования конкретными приложениями.

3.1.22 **частотный канал** (frequency channel): Часть частотной полосы, которая используется в соответствии со спецификацией (стандартной или спецификацией устройства) системой беспроводной связи.

Примечание — Согласованное использование различных частотных каналов является одним из критериев достижения совместимости.

3.1.23 **помехоустойчивость** (immunity): Способность элемента продолжать работу надлежащим образом в случае возникновения помех до определенного уровня помех и быть устойчивым к помехам выше этого уровня.

Примечание — Помехоустойчивость элемента достигается за счет прибавления к ошибкоустойчивости элемента способности быть устойчивым к помехам.

3.1.24 **интермодуляционная чувствительность** (intermodulation sensitivity): Объем внеполосных мешающих сигналов, которые при смешивании в буферном процессоре приемника образуют внутриполосной продукт нелинейности третьего порядка.

3.1.25 **джиттер** (колебание задержки) (jitter): Изменение во времени ожидаемого появления.

Примечание — Примерами являются изменения во времени передачи и обновления данных.

3.1.26 **нижняя частота среза** (lower cut-off frequency): Частота еще ниже частоты максимальной мощности, где спектральная плотность мощности падает ниже определенного уровня.

3.1.27 **механизмы для адаптивности** (mechanisms for adaptivity): Меры для изменения одного или нескольких рабочих параметров систем для того, чтобы улучшить степень устойчивости систем к помехам и минимизировать использование среды передачи данных.

3.1.28 **метрические показатели** (метрики) (metrics): Набор количественных показателей, соответствующих выбранным свойствам устройства связи, оборудования или системы беспроводной связи.

3.1.29 **промышленное предприятие** (plant): Рассматриваемое предприятие, включая его фактическую зону работы, персонал, оборудование и все прочее имущество.

3.1.30 **спектральная плотность мощности** (power spectral density): Мощность сигнала на определенной ширине диапазона.

3.1.31 **радиоканал** (radio channel): Интервал частотного спектра, который характеризуется по нижней и верхней частоте среза или по центральной частоте и ширине диапазона.

3.1.32 **(радио) ресурс** [(radio) resource]: Средства, используемые несколькими решениями беспроводной связи с целью передачи радиосигнала.

3.1.33 **радиоустойчивость** (radio robustness): Отличительное свойство беспроводной связи выполнять назначенную функцию, несмотря на наличие других активных приложений беспроводной связи, вмешивающихся в сферу влияния.

Примечание — Данный термин имеет такое же значение, как и определение термина совместимости в IEEE 802.15.2—2003, 3.1.2 [17].

3.1.34 **блокировка приемника** (receiver blocking): Влияние сильного внеполосного сигнала помех на способность приемника обнаруживать низкоуровневый полезный сигнал.

3.1.35 **максимальный уровень входного сигнала приемника** (receiver maximum input level): Максимальная мощность сигнала, которую может допустить система без искажений сигнала.

3.1.36 **чувствительность приемника** (receiver sensitivity): Минимальная мощность сигнала для приема данных с определенной частотой ошибочных битов.

3.1.37 **эксплуатационная надежность** (robustness): Способность элемента продолжать работу надлежащим образом в случае возникновения помех до определенного уровня помех.

Примечание — Эксплуатационная надежность элемента может быть увеличена в результате изменения одного или более его рабочих параметров.

3.1.38 **совместно используемая среда передачи данных** (shared medium): Ресурс частотного диапазона на определенном участке, совместно используемый несколькими беспроводными приложениями.

Примечание — В промышленном, научном и медицинском диапазоне используются многие беспроводные приложения. Благодаря этому совместному использованию термин «совместная среда» используется в настоящем стандарте. Частотные диапазоны используются различными беспроводными приложениями промышленного, научного и медицинского назначения.

3.1.39 **побочный сигнал приема (ложный отклик)** (spurious response): Выходная мощность радиоприемника в результате нежелательных сигналов.

Примечание — Это означает наличие частот, отличных от частот канала резонансной частоты.

3.1.40 **общая мощность излучения** (total radiated power): Пространственная плотность мощности, объединенная по всей поверхности сферы.

3.1.41 **обрыв (пауза) передачи сигнала** (transmission gap): Обрыв между двумя последовательными коэффициентами использования канала передатчиком.

3.1.42 **интервал между посылками импульсов** (transmission interval): Разница во времени между двумя последовательными передачами пользовательских данных из приложения автоматизации через интерфейс связи на модуль связи.

3.1.43 **продолжительность последовательности передачи** (transmission sequence duration): Время, в течение которого передатчик использует частотный ресурс для определенной последовательности с целью передачи данных.

3.1.44 **спектральная маска передатчика** (transmitter spectral mask): Максимальный предел спектральной плотности мощности на частотном диапазоне.

3.1.45 **верхняя частота среза** (upper cut-off frequency): Частота выше частоты максимальной мощности, где спектральная плотность мощности падает ниже определенного уровня.

3.1.46 **беспроводное приложение** (wireless application): Любое использование электромагнитных волн с устройствами или оборудованием для генерирования и использования радиочастотной энергии.

3.1.47 **беспроводная связь** (wireless communication): Связь, при которой электромагнитные излучения используются для передачи информации без использования проводов или оптоволокна.

3.1.48 **беспроводная сеть связи (беспроволочная коммуникационная сеть)** (wireless communication network): Решение беспроводной связи, состоящее как минимум из двух беспроводных устройств.

Примечание — «Беспроводная сеть» используется в рисунках в качестве сокращенного термина «беспроводная сеть связи».

3.1.49 **решение беспроводной связи** (wireless communication solution): Конкретная реализация или вариант беспроводной системы связи.

Примечание — Решение беспроводной связи может состоять из продуктов одного или более производителей.

3.1.50 **система беспроводной связи** (wireless communication system): Совокупность взаимосвязанных элементов, обеспечивающих беспроводную связь.

Примечание — Система беспроводной связи является высокоуровневой формой представления системы, в то время как решение беспроводной связи является практическим примером системы. Система беспроводной связи может включать в себя одну или более беспроводных сетей. «Беспроводная система» используется в рисунках в качестве сокращенного термина «беспроводная система связи».

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

AFH — адаптивная перестройка частоты;

BOS — аварийно-спасательная служба; система беспроводной связи для использования органами государственной власти и организациями с функциями по обеспечению безопасности;

CEPT — Европейская организация администраций почты и электросвязи;

CP — коммуникационный профиль в соответствии с МЭК 61784-2 [4];

CSMA — множественный доступ с контролем несущей;

DAA — обнаружить и избежать (уклониться);
DAR — обнаружить и понизить;
DAS — обнаружить и подавить;
DECT — усовершенствованная цифровая беспроводная связь;
ECO — Европейский коммуникационный офис (Комитет по электронным коммуникациям Ассоциации министерств связи и администраций сетей связи стран Европы);
EIRP — эффективная изотропная мощность излучения;
EMC — электромагнитная совместимость;
ERP — эффективная мощность излучения;
GSM — глобальная система мобильной связи;
IP — межсетевой протокол (Интернет-протокол);
ISM — промышленный, научный и медицинский (частотный диапазон);
IT — информационная технология;
ITU — Международный союз телекоммуникаций;
LAN — локальная вычислительная сеть;
LOS — в пределах линии прямой видимости (область прямой видимости);
MAC — управление доступом к среде передачи данных;
NLOS — за пределами линии прямой видимости (область непрямой видимости);
N/A — неприменимо;
OLOS — за пределами прямой видимости;
PCB — печатная плата;
PHY — физический уровень;
PLR — коэффициент потери пакетов;
PSD — спектральная плотность мощности;
R&TTE — оконечное радио- и телекоммуникационное оборудование;
RFID — радиочастотная идентификация;
SIR — отношение сигнал-помеха;
TDMA — множественный доступ с временным разделением каналов;
TRP — общая мощность,
UMTS — универсальная система мобильной связи;
WD — беспроводное устройство;
WIA-PA — беспроводная сеть для промышленной автоматизации — Автоматизация процессов;
WLAN — беспроводная локальная сеть передачи данных;
ZVEI — центральное объединение предприятий электротехнической промышленности.

3.3 Условные обозначения

Примечание — Графические представления блок-схем в рисунках основаны на ИСО 5807 [10].

В разделе 8 для шаблонов параметров обеспечения совместимости применяются следующие условные обозначения:

- в столбце «Параметр» используются абзацы для группирования определенных параметров. Параметры, находящиеся правее, относятся к вышеуказанному параметру, находящемуся левее;
- столбец «Использование» определяет, будет ли параметр являться обязательным, необязательным (дополнительным) или параметром выбора, если выбран один из нескольких параметров;
- пункт «Значение» может содержать диапазон или список значений, если параметры допускают многовариантность. Если параметр не имеет единицы измерения, то пункт «Единица измерения» должен иметь маркировку «не применимо» (N/A).

4 Концепция совместимости в автоматизации промышленного производства

4.1 Общие положения

4.1.1 Общие сведения

Беспроводная связь в автоматизации промышленного производства способствует осуществлению производственных процессов более экономически эффективно, гибко и надежно, а также позволяет

реализовывать новые концепции автоматизации. Приложения автоматизации обычно предъявляют более жесткие требования к надежности и способности беспроводной связи работать в режиме реального времени, чем приложения в домашнем и офисном домене.

Благодаря этим требованиям используются различные системы беспроводной связи. Вполне вероятно, что в одном месте могут одновременно работать несколько систем беспроводной связи.

В связи с тем, что эти системы беспроводной связи работают совместно в одной среде, то в течение всего периода эксплуатации предполагается возникновение помех. Это влияет на надежность и способность работать в режиме реального времени. Настоящий стандарт предназначен помочь определить потенциальные риски и рекомендовать меры по контролю за этими рисками в зависимости от требований приложения автоматизации.

Настоящий стандарт предназначен проектировщикам и лицам, отвечающим за производственные и обрабатывающие промышленные предприятия, специалистам автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), которым необходимо внедрить и запустить системы беспроводной связи на оборудовании и промышленных предприятиях, а также поставщикам технологий в области промышленных беспроводных систем связи. В частности, настоящий стандарт для обмена информацией между инженерами по автоматизации и радиотехниками.

Настоящий стандарт также показывает, что чаще всего совместимость нескольких систем беспроводной связи и одновременно эффективная обработка частотного диапазона в качестве ограниченного ресурса осуществима при условии выбора правильного подхода с учетом соответствующих требований. Для того чтобы добиться этого, необходим процесс, в котором учтены все аспекты совместимости систем беспроводной связи во время проектирования, пуско-наладки и эксплуатации, а также технического обслуживания.

Данный процесс, называемый обеспечением совместимости технологий беспроводной связи, является предметом настоящего стандарта.

Сопутствующие действия и решения служат для соблюдения заявленных предельных значений для приложения на протяжении всего периода эксплуатации промышленного предприятия.

Данный процесс может быть более или менее сложным, в зависимости от актуальности требований, относящихся к беспроводной связи для конкретного промышленного предприятия. Степень сложности зависит, помимо иных аспектов, от характеристик приложения, используемого каждой технологией беспроводной связи (например, контроль с жесткими требованиями работы в реальном времени), а также количества и расположения нескольких беспроводных систем связи (мешают ли они потенциально друг другу?). Если беспроводные системы не мешают друг другу, требования предъявляются к системе беспроводной связи, потребуется меньшее усилие для совместимости технологий беспроводной связи, чем в случае, когда система беспроводной связи является частью управляющего приложения со строгими требованиями к работе в реальном времени. Однако рекомендуется строго учитывать, что дополнительные системы беспроводной связи могут быть внедрены позже или что требование к существующей системе беспроводной связи может измениться в будущем (например, в результате дополнительных приложений). Проект промышленного предприятия должен гарантировать, что применяемые меры по обеспечению совместимости отвечают требованиям системы беспроводной связи. Состояние совместимости характеризуется удовлетворением предельных значений соответствующих параметров для всех беспроводных приложений в рассматриваемой зоне. Состояние совместимости осуществляется с помощью соответствующих действий при планировании и эксплуатации. Поэтому совместимость не является статическим атрибутом технологии беспроводной связи, а состоянием на протяжении всего срока эксплуатации промышленного предприятия. Существует возможность оставить это состояние временно или постоянно в связи с определенными событиями. Предельные значения параметров определяются приложением автоматизации, в котором осуществляется беспроводная связь. Это также означает, что обеспечение совместимости должно быть оценено и устроено концептуально и в полном соответствии с приложением автоматизации.

Если причиной превышения предельных значений является разрешенная радиосистема вне зоны ответственности и контроля специалиста по обеспечению совместимости, то специалист по обеспечению совместимости должен принять срочные меры, чтобы этим радиосистемам не мешали промышленные беспроводные системы связи.

Пример — Для достижения соответствия промышленных беспроводных технологий связи широкополосному фиксированному беспроводному доступу (BFWA) в диапазоне от 5 725 до 5 875 MHz в Европе (канал доступа BFWA может находиться под воздействием в радиусе вокруг систем промышленной беспроводной связи от 3 до 10 км) эффективным способом была бы установка дополнительной

антенны обратного приема на крыше промышленного предприятия для того, чтобы обнаружить BFWA сигнал и немедленно прекратить использование этого диапазона за пределами нормального энергетического уровня.

Такая антенна будет иметь преимущество с точки зрения более благоприятных условий распространения на канал воздействия и возможности выбрать антенну с большим усилением для считывания.

С общей точки зрения, совместимости двух или более решений беспроводной связи можно добиться за счет ортогональной передачи сигналов, идущих из разных источников.

Существуют три уровня возможного обеспечения совместимости, где самый низкий уровень является менее эффективным:

- неавтоматизированное обеспечение совместимости (самый низкий уровень);
- автоматизированное несовместное обеспечение совместимости на основе показателей;
- автоматизированное совместное обеспечение совместимости на основе показателей (самый высокий уровень).

Автоматизированные и автоматические технические средства и алгоритмы, на которых они основаны, подразделяются на две широкие категории: совместные и несовместные.

4.1.2 Неавтоматизированное обеспечение совместимости

В случае неавтоматизированного обеспечения совместимости специалист по обеспечению совместимости (см. 7.2.1) должен определить четкое планирование решений беспроводной связи, предназначенное для предотвращения перекрытий передачи сигнала. Специалист обязан вручную принять меры, чтобы отреагировать на модификации (незначительные отклонения), изменяющие состояние беспроводной совместимости. Это самый простой метод обеспечения, особенно если вовлечено несколько беспроводных решений с различными технологиями и от нескольких производителей или если существует необходимость управлять несколькими частотными диапазонами. Однако, возможности неавтоматизированного обеспечения совместимости ограничиваются, если какие-либо параметры обеспечения совместимости не могут быть настроены.

4.1.3 Автоматизированное несовместное обеспечение совместимости на основе показателей

При автоматизированном несовместном обеспечении совместимости различные системы беспроводной связи не способны к обмену информацией. Данные системы полностью независимые и опираются только на обнаружение и измерение (оценку) помех. Иными словами, каждая задетая система беспроводной связи классифицирует поведение задевающих систем и таким образом пытается приспособить свое собственное поведение к новой предполагаемой обстановке. По этой причине несовместные технические средства являются более универсальными, но менее эффективными, чем совместные.

Например, несовместные алгоритмы динамически модифицируют стратегии связи (например, диапазон частоты, планирование временного интервала/пакетов и т. д.) в зависимости от некоторых показателей, способных установить, достаточно ли хорошее качество связи или нет.

Примечание — Некоторые из данных показателей описаны в IEEE 802.15.2 [17].

4.1.4 Автоматизированное совместное обеспечение совместимости на основе показателей

При автоматизированном совместном обеспечении совместимости различные системы беспроводной связи способны к обмену информацией.

Предпосылкой для совместного обеспечения совместимости для беспроводных систем связи, использующих различные технологии, предоставляемые несколькими поставщиками, является то, что среди этих решений доступен общий стандартный канал связи.

Автоматизированное совместное обеспечение совместимости может привести к некоторым ограничениям на выбранном оборудовании, поскольку, например, совместные методы обычно выполняются с помощью централизованного арбитратора/планировщика. Обмененная информация позволяет каждой задетой беспроводной системе связи эффективно подстраивать свое поведение к новой реальной обстановке, с учетом требований своей программы и программ других систем беспроводной связи. Эти динамические изменения могут влиять на детерминизм или надежность связи и, следовательно, не подходить для различных приложений автоматизации.

4.2 Цель

В настоящем стандарте даются рекомендации изготовителям беспроводных средств автоматизации относительно того, как выполнить основное требование (2) Статьи 3 Директивы 1999/5/ЕС

Оконечное радио- и телекоммуникационное оборудование (R&TTE) [20] и Статьи 18 Корейского Исполнительного Постановления Закона о Регламенте Радиосвязи [21]. Приборы дополнительно должны соответствовать местным и региональным нормативным требованиям.

В настоящем стандарте обращается особое внимание на меры обеспечения совместимости систем беспроводной связи для измерения и приложений автоматизации. Данные приложения могут быть классифицированы различными способами. Например, в таблице 1 они классифицированы в соответствии со степенью критичности приложения.

Действия (меры) по осуществлению обеспечения совместимости могут отличаться в соответствии с классификацией, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 — Классификация требований приложения к связи

Класс	Приложение	Требования приложения к связи
Функциональная безопасность	Реализация системы обеспечения безопасности, отказ которой может отразиться на безопасности людей и/или окружающей среды, и/или промышленного предприятия	Протокол связи должен поддерживать связь функциональной безопасности. Необходимо назначить специалиста по обеспечению совместимости для выполнения всех требований настоящего стандарта
Управление	Управление с обратной связью или без обратной связи (по разомкнутому или замкнутому контуру)	Протокол связи должен поддерживать протокол повышенной доступности, надежности и срочности (критичности по времени) по сравнению с тем, который используется в других прикладных областях, таких как легкая промышленность или телекоммуникации. Необходимо назначить специалиста по обеспечению совместимости для выполнения большинства требований настоящего стандарта
Мониторинг	Визуализация процесса и сигнальное оповещение	Никаких дополнительных надстроек для протокола связи не требуется Обычно к приложению мониторинга применяется нестрогий набор требований Необходимо назначить специалиста по обеспечению совместимости для выполнения этих минимальных требований
Примечание — Относительные понятия «большинство» и «минимум» основаны на графическом описании в рисунке 3.		

Классификация приложений автоматизации, представленная в таблице 1, относится к функциональным требованиям, которым должно соответствовать приложение обрабатывающей промышленности.

Однако степень критичности и требования к соответствующему приложению связи должны быть определены специалистом по обеспечению совместимости в каждом конкретном случае.

Примечание 1 — Требования приложения к связи описаны в МЭК/ТУ 62657-1 [8].

Приложения, начиная от радиоустройств для считывания штрих-кода и заканчивая голосовыми и видео IP-приложениями, могут быть классифицированы одинаково и рассматриваться в соответствии с настоящим стандартом. Применимость настоящего стандарта не ограничивается конкретной частотной полосой, например, 2,4 ГГц промышленного, научного и медицинского диапазона. Как параллельные системы связи, так и прочие разрешенные беспроводные приложения, такие как системы СВЧ-диапазона для сушки или сварки пластмасс, считаются помехами. Более того, дальнейшие помехи могут возникнуть из-за мощных низкочастотных электромагнитных полей (например, трансформаторов, мощных двигателей или других электромагнитных помех, см. рисунок 1). Источники помех, которые необходимо учитывать, подробно изложены в 4.4.

Примечание 2 — Анализ ЕМС исключен из сферы рассмотрения настоящего стандарта, но принят во внимание.

Настоящий стандарт направлен на решение проблемы обеспечения совместимости по месту нахождения предприятия. Однако, специалист должен учитывать тот факт, что какие-то помехи могут

исходить за пределами нахождения промышленного предприятия. Специалист обязан определить и охарактеризовать потенциальные внешние источники радиоизлучения и их расстояние от предприятия. Средства и системы контроля должны быть на месте в рабочем положении для того, чтобы обеспечить отсутствие доступа несанкционированных или неучтенных мобильных источников на территории предприятия.



Рисунок 1 — Область рассмотрения

Предполагается, что в условиях без помех от других беспроводных систем связи система беспроводной связи в основном отвечает требованиям приложения автоматизации и что, в частности, предельные значения временной зависимости и ошибочного поведения соблюдаются, благодаря планированию требований к связи.

Меры, описанные здесь, предназначены для обеспечения необходимой производительности даже в присутствии других беспроводных приложений.

4.3 Необходимость осуществления обеспечения совместимости

Полосы частот, выделяемые регулирующими организациями, представляют собой ценный ограниченный ресурс, который будет быстро исчерпан в случае нерегулируемого использования.

На рисунке 2 приведен пример беспроводного оборудования, которое можно найти в современной промышленности.

Существует высокий риск помех в результате чего, при определенных условиях, требования предполагаемой работоспособности и производительности не могут быть соблюдены. Для того чтобы избежать этого, или, скорее, чтобы снизить риск помех, необходимо осуществить привязку, процесс общекорпоративного уровня для обеспечения беспроводных приложений для всех участвующих сторон в соответствии с настоящим стандартом.

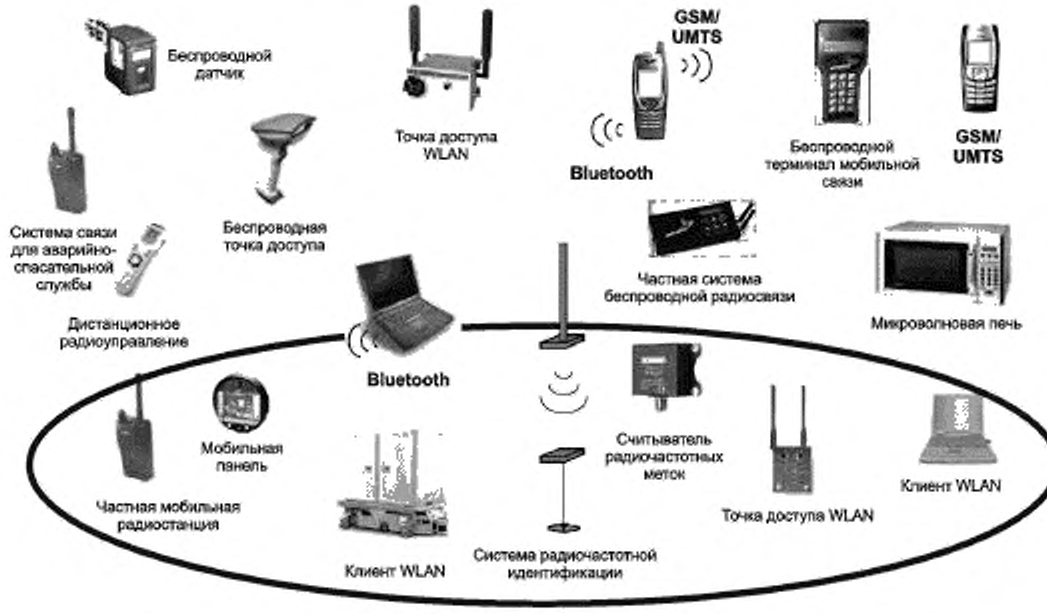


Рисунок 2 — Примеры беспроводного оборудования в современной промышленности

Обеспечение совместимости — это процесс внутри компании, который должен быть приспособлен к структуре и внутренним процессам предприятия. В каждой отдельной компании структура и процессы могут быть организованы по-разному.

Кроме того, фокус внимания в определении процесса или его отдельных шагов может отличаться в зависимости от рассматриваемых групп пользователей:

- беспроводные приложения с высокой пропускной способностью, но менее жесткими требованиями к работе в реальном времени: обеспечение совместимости ставит акцент на обеспечении надлежащей пропускной способности;
- беспроводные приложения без особых требований к производительности и работе в реальном времени: обеспечение совместимости направлено на обеспечение территориального охвата;
- беспроводные приложения с жесткими требованиями к работе в реальном времени: обеспечение совместимости защищает от функциональных проблем, вызванных в результате влияния других беспроводных приложений (классы приложений Функциональной безопасности или Управления).

В дополнение к этому, для обеспечения совместимости рекомендуется выполнить следующие основные меры:

- назначение общекорпоративного специалиста по обеспечению совместимости;
- назначение конкретного локального специалиста по обеспечению совместимости, если у компании несколько объектов (помещений);
- создание комитета, состоящего из контактных лиц всех подразделений компании, использующих беспроводные приложения;
- инвентаризация всех установленных и, по возможности, всех запланированных беспроводных приложений;
- учреждение процедуры регистрации новых беспроводных приложений или решений и идентификации уже существующих;
- координация и принятие решений, касающихся утверждения и применения беспроводных систем связи в рамках комитета;
- учреждение регламента и осуществимых в порядке принудительного исполнения дисциплинарных мер в отношении неполномочного внедрения новых беспроводных приложений или решений.

Эффективное обеспечение совместимости — это согласованный процесс с представительством всех участвующих подразделений компании (подразделений, отделов, технологий). Участвующими под-

разделениями являются те, которые занимаются планированием, материально-техническим снабжением, установкой, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией и техническим обслуживанием беспроводных приложений, как например, планирование технологических процессов (технологическое планирование), информационные технологии, автоматизация, эксплуатация промышленного предприятия (производство), развитие, закупки, административно-хозяйственное производство (организация производства).

Обеспечение совместимости обеспечивает ряд преимуществ:

- снижение или устранение помех, ведущих к незапланированным простоям;
- сокращение или избавление от трудоемкого, дорогостоящего и отнимающего много времени процесса локализации отказов;
- снижение или исключение сокращения инвестиций в решения беспроводной связи, которые не могут работать в существующей радиосреде предприятия.

Примечание — Термин «решение беспроводной связи» использован здесь вместо термина «беспроводная система связи», так как он учитывает отличительные особенности продукта, которые являются важными для обеспечения совместимости.

4.4 Интерференционный потенциал

Беспроводные приложения, использующие один и тот же частотный диапазон в качестве «совместной среды», могут мешать друг другу.

При одновременном соблюдении следующих условий взаимные помехи приводят к:

- перекрытию сигналов в частотной области;
- перекрытию сигналов во временной области;
- перекрытию сигналов при кодировании;
- отсутствию сигнала (сигналу логического нуля) (в зависимости от местоположения, мощности, характеристики антенны, поляризации).

Это приводит к столкновениям беспроводных приложений таким образом, что, например, переданный пакет необходимо повторить. Реакция системы на описанные помехи зависит от нескольких факторов, например, от стандарта радиосвязи, программно-аппаратной реализации или от класса приложения, который использует система связи для передачи данных.

Отделение неперекрывающихся частотных каналов является способом достижения совместимости.

Однако, возможны помехи между системами беспроводной связи, использующими одну и ту же полосу частот, например, из-за помех соседнего канала. Данные помехи называются помехами перекрестного канала связи. В частности, аналоговые беспроводные системы связи содержат в себе большой интерференционный потенциал для цифровых беспроводных систем связи из-за их высокой степени занятости канала. Кроме того, системы беспроводной связи, использующие разные частотные диапазоны, могут создавать помехи друг другу. Под основным сигналом, система беспроводной связи также издает внешние полосные сигналы, которые могут проникать в частотный канал подвергающейся опасности беспроводной системы связи, тем самым оказывая воздействие на полезный сигнал. Качество принимаемого сигнала в приемнике, в зависимости от помех со стороны других систем беспроводной связи, обычно измеряется соотношением сигнала к помехе (SIR), которым является отношение мощности полезного сигнала к общей остаточной мощности мешающего сигнала (помехи). Приемник может правильно обрабатывать (расшифровывать) входящие данные только тогда, когда соотношение сигнала к помехе выше заданного порогового значения. Значение порога зависит от принятой модуляции, в то время как фактическое значение соотношения сигнала к помехе зависит от наложения источников помех относительно намеренной передачи данных в следующих двух областях: времени и частоты. В зависимости от того, является ли наложение (стало быть, конфликт) в этих областях полным или только частичным, можно достичь различных функциональных характеристик.

Для временной области, поскольку поток информационного обмена между пострадавшей системой(ами) беспроводной связи и источником(ами) помех систем(ы) беспроводной связи может меняться всякий раз, оценке соотношения сигнала к помехе должно предшествовать определение временного интервала, в котором помехи являются постоянными.

Для частотной области оценка соотношения сигнала к помехе должна рассматривать как минимум эффект совместного действия передатчика(ов) помех и пострадавших спектральных масок приемника. По сути передатчик(и) помех могут иметь побочное излучение даже за пределами принятого частотного канала. С другой стороны, защитная маска приемника может отклонять сигнал(ы) источника(ов) помех, смягчая их влияние.

Для того, чтобы предусмотреть/оценить влияние помех, можно использовать аналитические модели, моделирование и экспериментально-испытательные стенды. Эти три подхода имеют различную (увеличивающуюся) сложность и, следовательно, различную (увеличивающуюся) точность.

Для того, чтобы оценить, существует ли риск возникновения конфликта или нет, риск возникновения конфликта всегда следует учитывать, если беспроводные приложения работают параллельно в той же полосе частот без подтверждения их радиотехнической надежности.

Примечание 1 — Данное понятие беспроводного приложения является более полным по сравнению с понятием системы беспроводной связи, потому что в беспроводных приложениях энергия частоты используется не только для передачи информации.

Примечание 2 — Использование электромагнитной энергии может быть либо намеренным (необходимым для обслуживания конкретного приложения), либо ненамеренным/случайным.

Однако, риск возникновения конфликта не означает, что параллельная работа конкурирующих беспроводных систем невозможна. Они могут быть совместимы при условии соблюдения требований к данным решениям беспроводной связи. Этот критерий должен быть принят в качестве основы для принятия решений относительно применения беспроводных систем связи.

По возможности, будущие изменения в требованиях, подразумевающие изменения интерференционного потенциала, также должны быть рассмотрены. В промышленной автоматизации жизненный цикл решения беспроводной связи, как правило, длится более пяти лет. В течение этого времени могут быть разработаны и использованы новые приложения для существующей системы беспроводной связи. Определение, координирование и контроль этих изменений является частью обеспечения совместимости.

Еще одним воздействием являются излучаемые помехи электромагнитной совместимости. Многие беспроводные приложения, подлежащие частотному регулированию, обладают значительной мощностью излучения, способной генерировать высокую напряженность электромагнитного поля вблизи от другой системы беспроводной связи. Решение беспроводной связи показывает определенную устойчивость к тем излучаемым помехам, которые определены в соответствующих стандартах. Данное предельное значение может быть превышено сигналом мощного беспроводного приложения.

Несмотря на то, что реальные решения беспроводной связи часто обладают большей устойчивостью к помехам, чем нормативно заявленной, и превышение предельного значения не всегда приводит к возникновению помех, дизайн должен быть выполнен таким образом, чтобы уровень шума на приемнике не превышал это предельное значение. Помехи с той же частотной полосы гораздо более вероятны, чем с других частотных полос. Тем не менее, интерференционные потенциалы с других частотных полос также необходимо принимать во внимание.

В зданиях и участках вблизи аэропортов, портов, передающих антенных мачт и прочих мест расположения мощных систем радиосвязи интерференционный потенциал там чрезвычайно высок.

Электромагнитные помехи, вызванные не радиоканалом (а например, мощными промышленными энергетическими системами, частотными преобразователями), могут вызывать помехи. Данные электромагнитные помехи являются предметом Директивы по EMC, и не рассматривается в настоящем стандарте.

4.5 Дополнительные условия

Для беспроводной связи существуют очень ограниченные коммуникационные ресурсы, поэтому требуется провести тщательное планирование. Чем выше требования класса приложения на системе беспроводной связи к характеру изменений во времени, доступности, размерам и прочим параметрам, тем больше это требует организационно-технических затрат для обеспечения совместимости. Затраты возрастают непропорционально, как показано на рисунке 3. Определенный интервал затрат возникает из-за сложности беспроводных решений связи (например, простая двухточечная связь или линейная сеть со звездообразной, сотовой, древовидной, ячеистой топологией) и из-за числа влияющих факторов, которые следует учитывать (например, загрузка среды передачи данных, мощность передатчика). Интервал между двумя кривыми перемещается вверх при более эффективном использовании частотного ресурса.

Это применимо как к затратам на обеспечение совместимости на этапе планирования, так и к расходам на разработку подходящих решений беспроводной связи.

Трудозатраты можно сократить за счет введения стратегически важных правил обеспечения совместимости. Одним из возможных правил может быть ограничение количества рассматриваемых

влияющих факторов, например, благодаря эксклюзивному присвоению частот для определенных беспроводных приложений. Важно учитывать тот факт, что стратегически важные решения на этапе планирования совместимости влияют на будущие расходы и вместе с тем на затраты за весь срок службы промышленного предприятия. Организационно-технические расходы на обеспечение совместимости на этапе эксплуатации могут увеличить расходы на планирование совместимости в течение всего срока службы промышленного предприятия. Таким образом, важно проанализировать, соответствуют ли требования запланированного применения требованиям предполагаемого применения. С нестрогими требованиями можно добиться более эффективного использования ресурса. Если ресурс исчерпан, необходимо будет искать другие решения.

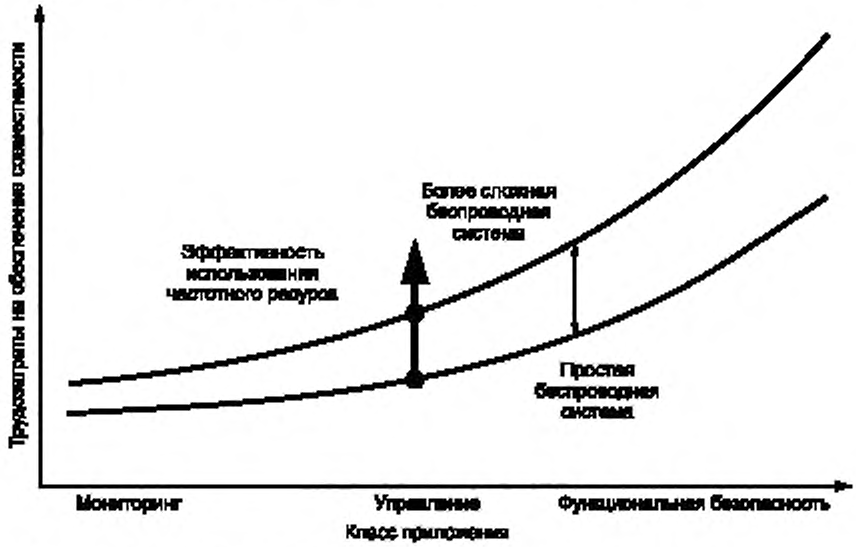


Рисунок 3 — Повышение затрат для достижения совместимости, соответствующего классам приложения

4.6 Передовые методики достижения совместимости

Установление совместимости представляет собой сочетание технических и/или организационных мер по обеспечению свободной от помех работы беспроводных приложений в своей среде. Основными критериями при выборе соответствующих мер по достижения совместимости являются: эффективность, реализуемость, экономическая целесообразность и падение производительности, допустимое для приложения, если решение беспроводной связи вынуждено использовать среду передачи данных совместно с другими системами беспроводной связи. Также необходимо учитывать перспективы развития беспроводного приложения на предприятии.

С технической точки зрения, ресурсы беспроводной связи можно классифицировать по:

- частоте;
- времени;
- кодированию;
- отсутствию сигнала (сигналу логического нуля) (в зависимости от местоположения, мощности, характеристики антенны, поляризации).

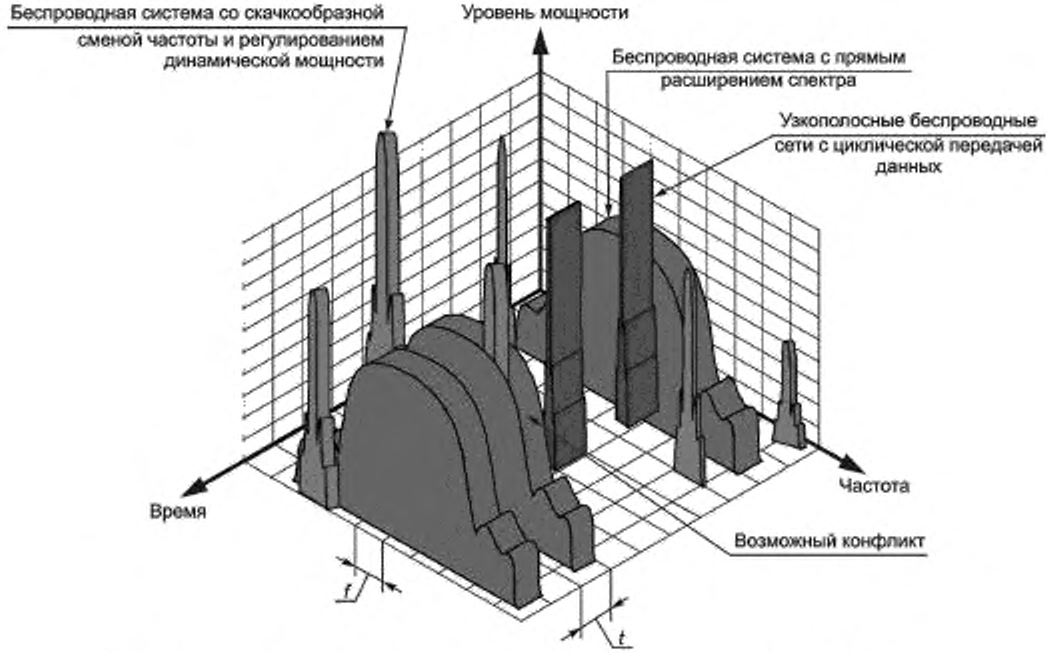


Рисунок 4 — Разделение систем беспроводной связи в зависимости от частоты и времени

Разделение в частотной области (см. рисунок 4) обычно вызывает наименьшие потери производительности и первоначально минимальные расходы.

Однако эти меры в значительной степени занимают среду передачи данных и, следовательно, должны быть зарезервированы для определенных классов приложений, используемых на промышленном предприятии, таких как функциональная безопасность и контроль.

Разделение во времени можно выполнить с помощью настройки коммуникационного запроса в соответствии с требованиями приложения к связи.

Для приложений с определенными динамическими свойствами цикл связи должен быть установлен как можно дольше и/или может быть использована событийно-управляемая связь. Также могут быть использованы беспроводные технологии с автоматическими адаптивными механизмами совместного использования среды передачи данных.

Пространственное разделение возможно крайне редко в отношении приложений беспроводной связи. Распространение радиоволн может быть ограничено пространственно только с большими усилиями. Структурные условия (к примеру, большие стальные железобетонные стены) и снижение излучаемой мощности (за счет регулирования выходной мощности радиопередатчика и выбор диаграммы направленности антенны) могут быть использованы для пространственного разделения. Если мощность снижается, сила всех связанных радиоэлементов (например, базовых станций, ретрансляторов и конечных устройств) должна быть скорректирована соответствующим образом.

Если приемопередатчики имеют несколько антенн, то можно было бы использовать пространственную обработку, как например, методы подавления помех, чтобы отделить одновременные (встречные) передачи в пространстве.

Разделение с помощью поляризации предполагает использование специфического атрибута антенны для подавления радиоволн с ортогональной поляризацией (перекрестной поляризацией). Например, антенна с горизонтальной поляризацией приемника сигнала может ослаблять вертикально поляризованный сигнал помехи. Однако, внутри зданий или в другой сильно отражающей окружающей среде результаты разделения поляризации относительно невелики.

Кроме того, направленные сегментно-параболические антенны (антенны типа «сыр») и другие появляющиеся конфигурации антенн могут быть использованы для ограничения распространения радиоволн внутри определенной области.

Организационные меры применяются к работе систем беспроводной связи, и они имеют косвенные значения для описанного выше механизма разделения. Поэтому применение системы беспроводной связи может, например, быть ограничено в пространстве или времени, или просто сервисы решения беспроводной связи, отвечающие требованиям совместимости, могут быть одобрены. Организационные меры (в частности, для систем беспроводной связи, имеющих отношение к производственному процессу или безопасности) должны оценить заранее, в какой степени может обеспечиваться и проверяться соблюдение технических требований.

При планировании системы беспроводной связи следует учитывать, что условия распространения в промышленной среде далеки от идеальных и по этой причине возможны воздействия на временную зависимость и ошибочное поведение решения беспроводной связи.

На этапе эксплуатации необходимо рассматривать исследование механизмов для повышения быстроты реакции беспроводных приложений на появление непредвиденных помех, например, технику разнесенного радиоприема и когнитивные методы радиодоступа к среде передачи данных.

Для того чтобы определить соответствующие меры и оценить их эффективность, рекомендуется обратиться за помощью к специалистам в области радиосвязи.

4.7 Концептуальная модель совместимости

Приложения автоматизации имеют требования приложения к связи для выполнения намеченных задач. Одним из этих приложений автоматизации является выбранная система беспроводной связи, обладающая определенной устойчивостью (невосприимчивостью) к помехам со стороны других беспроводных систем связи. Использование ресурсов (частоты, времени, пространства, поляризации) может создавать помехи для других систем беспроводной связи и таким образом влиять на соответствующие приложения автоматизации. Необходимо учитывать условия распространения, поскольку они влияют на качество связи беспроводной системы, в том числе и на помехи от других беспроводных систем связи.

Требования приложения к связи и характеристики систем беспроводной связи [устойчивость (невосприимчивость) и использование] должны быть отражены в инвентарном списке. Возникающее в связи с этим планирование совместимости должно быть указано в плане распределения ресурсов. План распределения ресурсов должен служить базой для настройки, реализации и обслуживания использующихся беспроводных систем связи. Данный процесс обеспечения совместимости является не только одним действием при планировании системы, а итеративным повторяющимся процессом на протяжении всего жизненного цикла системы.

На рисунке 5 представлена концептуальная модель совместимости. У беспроводного приложения А существуют требования приложения для выполнения намеченных задач. Часть беспроводного приложения А является выбранной системой беспроводной связи. Она обладает определенной устойчивостью (невосприимчивостью) к помехам со стороны других беспроводных систем связи, и использование ее ресурсов может создавать помехи для других систем беспроводной связи. Исследования требований должны быть отражены в инвентарном списке. Возникающее в связи с этим планирование совместимости должно быть указано в плане распределения ресурсов. План распределения ресурсов должен служить базой для обеспечения радиоресурсов и их использования.

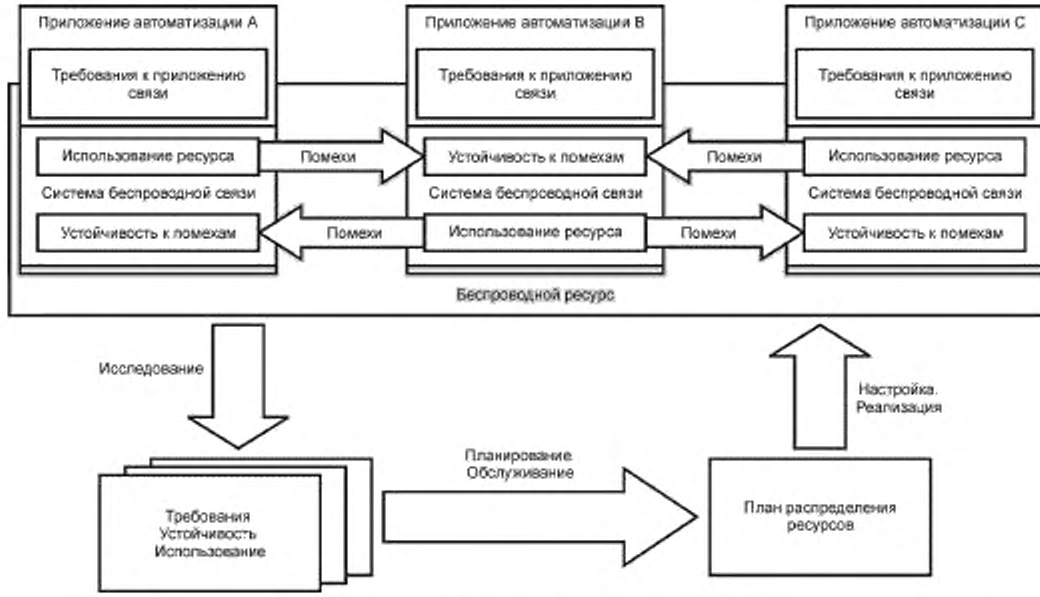


Рисунок 5 — Концептуальная модель совместимости

На рисунке 6 изображено представление рисунка 5 в качестве диаграммы, чтобы обеспечить взаимосвязь с рисунками 7, 30 и 31. Спецификация системы обеспечения совместимости представлена на рисунке 6 только в начале для обеспечения простоты рисунка. Документация должна расширяться и обновляться на каждом этапе. Документация указана в 7.1.2.

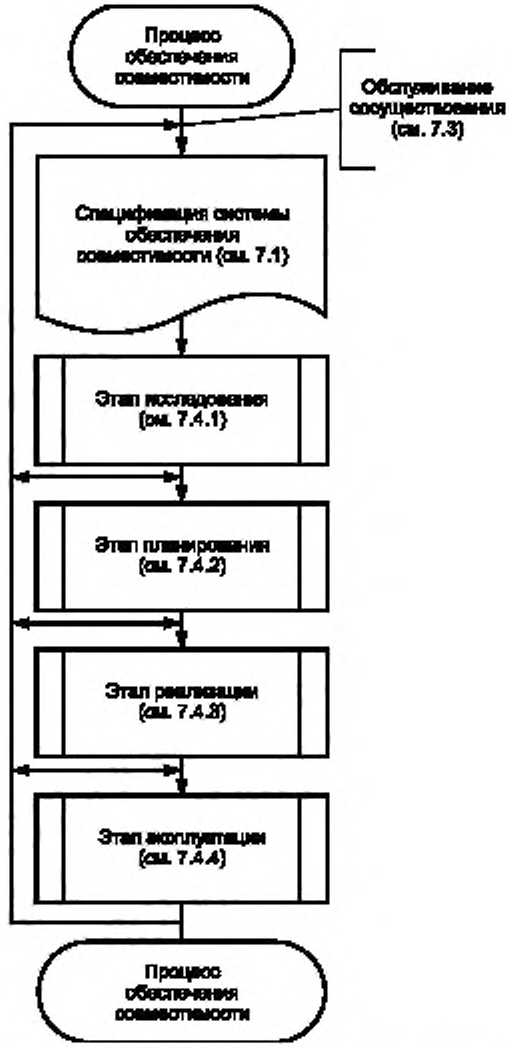


Рисунок 6 — Блок-схема концептуальной модели совместимости

4.8 Обеспечение совместимости и выбор решения беспроводной связи

Отправной точкой и предпосылкой для этапа реализации является то, что решение беспроводной связи совместимо с предъявляемыми к нему требованиями. Этап реализации начинается с пересмотра требований системы беспроводной связи и определения, в состоянии ли существующая система обеспечить выполнение требований приложения к связи или нет.

В рамках данного процесса можно проанализировать новые системы беспроводной на предмет соответствия требованиям к связи. Рисунок 7 отображает решения и действия в блок-схеме, изображенной на рисунке 6.

В то же время, пока проводятся исследования на предмет соответствия беспроводного решения связи требованиям приложения автоматизации, необходимо проанализировать радиопередачи для того, чтобы увидеть, является ли такой подход разумным при рассмотрении усилий, которые потребуется предпринять для обеспечения совместимости. В этом отношении, процесс тщательного выбора решения беспроводной связи уже является частью процесса обеспечения совместимости.

Решение об установке системы беспроводной связи должно следовать за решением по реализации процесса обеспечения совместимости (см. 4.4). Процесс обеспечения совместимости включает в себя планирование совместимости, установку, эксплуатацию и обслуживание систем беспроводной связи. Этап планирования совместимости (см. 7.4.2.2) начинается с инвентаризации всех беспроводных приложений, так как они могут рассматриваться как потенциальные источники помех (см. 7.3).

На этапе планирования совместимости может стать очевидным, что выбранное беспроводное приложение не может быть интегрировано в существующее промышленное предприятие. Другое решение беспроводной связи может быть выбрано или сама идея системы беспроводной связи может быть оставлена. Если на этапе планирования совместимости есть четкая уверенность в том, что все беспроводные приложения отвечают соответствующим требованиям, то можно приступать к процессу обеспечения совместимости для этапа эксплуатации (см. 7.4.4).

Примечание — Процессы на этапе планирования и эксплуатации более подробно рассмотрены далее в настоящем стандарте.

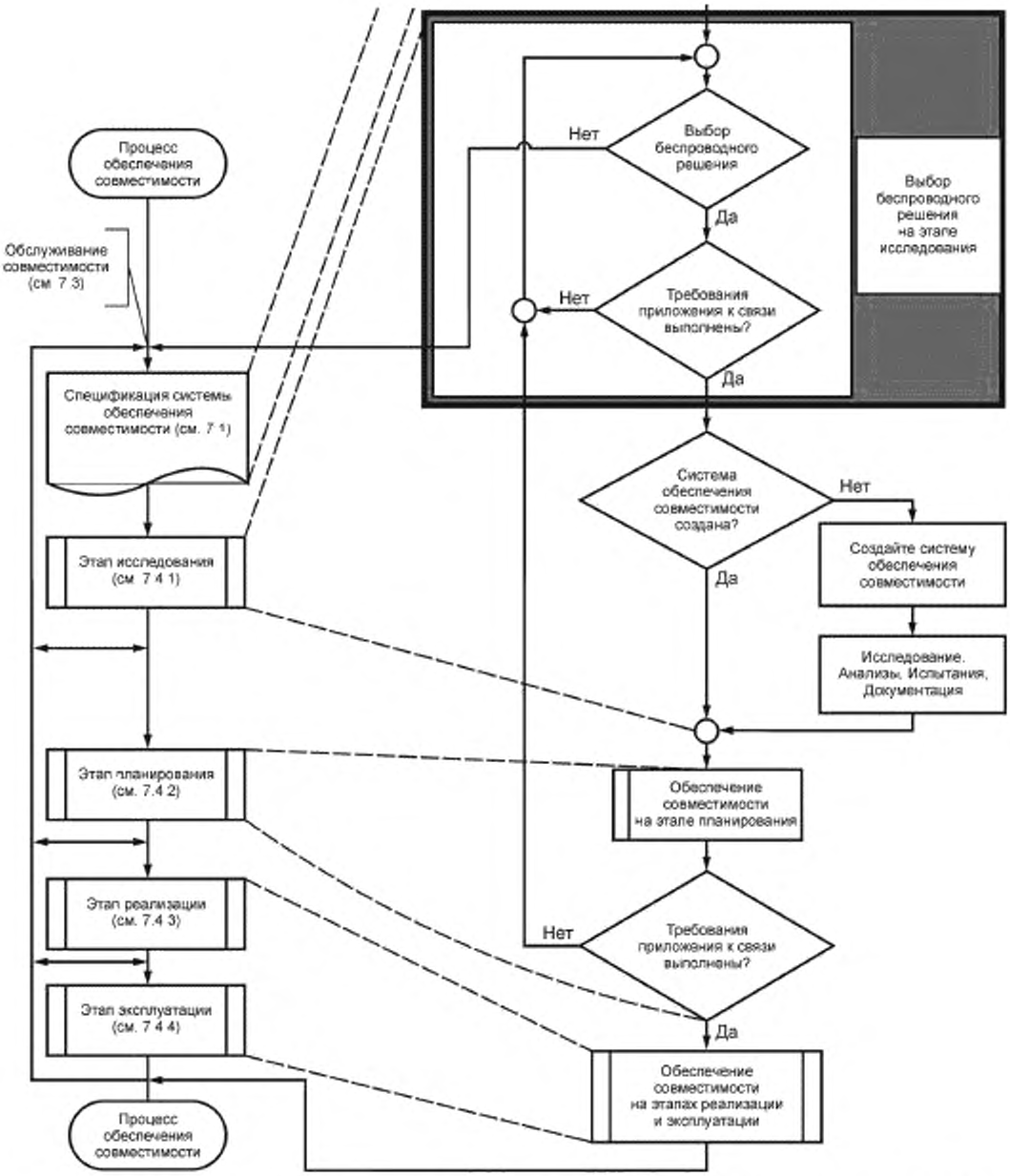


Рисунок 7 — Выбор системы беспроводной связи в процессе реализации обеспечения совместимости

4.9 Система обеспечения совместимости

Система обеспечения совместимости состоит из организационной структуры и процедурных документов. Выполнение обеспечения совместимости приводит систему в состояние «обеспечения совместимости на этапе эксплуатации». Спецификация системы обеспечения совместимости должна содержать в себе следующую информацию:

- объем (масштаб) обеспечения совместимости;

- ориентация организации на обеспечение совместимости;
- порядок соблюдения спецификации системы обеспечения совместимости;
- организационные вопросы, включая структуру организации, функциональные обязанности персонала, связь с внешними организациями и обучение персонала;
- порядок обеспечения совместимости.

Спецификация системы обеспечения совместимости должна быть задокументирована и соблюдена.

5 Параметры обеспечения совместимости

5.1 Общие положения

Раздел 5 определяет параметры процесса обеспечения совместимости. Данные параметры относятся к требованиям к автоматизации связи и условиям в пределах зоны эксплуатации и характеризуют беспроводные устройства и сети.

Их использование определено в разделе 6. В разделе 8 содержатся шаблоны, относящиеся к некоторым из этих параметров.

Параметры перечислены в алфавитном порядке.

5.2 Расшифровка параметров совместимости

5.2.1 Избирательность по соседнему каналу

В библиографической справке определено следующее [12].

«Избирательность по соседнему каналу является мерой способности приемника получать полезный модулированный сигнал на номинальной частоте без превышения указанного предела ухудшения из-за наличия модулированного ложного сигнала (сигнала-помехи), который отличается по частоте от полезного сигнала на величину, равную разделению соседнего канала, для которого предназначено оборудование».

Избирательность по соседнему каналу определена в соответствии с [12] как «нижнее значение (верхнего и нижнего соседнего каналов) коэффициентов, в децибелах, уровней уровня ложного сигнала, выраженных в виде напряженности поля к указанному уровню ложного сигнала, выраженному в виде напряженности поля, издающего сигнал данных с коэффициентом битовых ошибок равным 10^{-2}». Избирательность по соседнему каналу подходит для оценки устойчивости оборудования к системам, работающим в соседних каналах.

5.2.2 Усиление антенны

Усиление антенны описывает фокусирование переданного или полученного сигнала. Значения даны относительно полуволнового диполя или теоретического изотропного излучателя. Поскольку изотропное усиление полуволнового диполя составляет 2,15 дБи, усиление антенны относительно полуволнового диполя на 2,15 дБ ниже усиления антенны относительно изотропного излучателя.

Вместе со значениями мощности передачи и с внимательным рассмотрением условий распространения чувствительность приемника может быть использована для оптимизации расположения и направления оборудования или антенн.

5.2.3 Диаграмма направленности передающей антенны

Диаграмма направленности излучения обычно графически представлена для условий в дальней зоне либо в горизонтальной, либо в вертикальной плоскости. Данная информация может быть использована для оптимизации расположения и направления оборудования или антенн.

5.2.4 Полоса пропускания

Полоса пропускания представляет собой диапазон частот, занятых модулированным сигналом несущей. Значение полосы пропускания зависит от указанного уровня спектральной плотности мощности (см. 5.2.3). Скорость передачи битов канала связи пропорциональна полосе пропускания сигнала, используемой для связи. С точки зрения обеспечения совместимости, полоса пропускания показывает использование частотного спектра беспроводным оборудованием. Системы могут также непреднамеренно излучать вне установленной полосы пропускания. Это может привести к так называемым помехам по соседнему каналу (для следующего) или даже через канальным помехам (для следующего через один).

Единицей измерения данного параметра должен быть герц (Гц).

5.2.5 Битовая скорость передачи данных физического канала

Битовая скорость передачи данных физического канала — это показатель количества двоичных сигналов, передаваемых в секунду. Поскольку информация часто сочетается с модуляцией

или кодированием, время использования телеграммы не всегда может быть рассчитано методом простого деления количества бит телеграммы на битовую скорость передачи данных. Также необходимо отметить, что битовая скорость передачи данных физического канала не означает автоматически высокое качество сервиса.

5.2.6 Центральная частота

Некоторые стандарты беспроводной связи определяют радиоканалы, используя центральную частоту и полосу пропускания. Таким образом, центральная частота показывает расположение радиоканала в пределах частотного спектра. Центральная частота должна быть вычислена на основании соответствующих частот среза. Центральная частота является средним геометрическим нижней частоты среза и верхней частоты среза.

Единицей измерения данного параметра должен быть герц (Гц).

5.2.7 Характеристика участков работы

Необходимо рассматривать следующие зоны работы:

- внутри помещения;
- вне помещения;
- внутри и вне помещения.

Для участков работ внутри помещения целесообразно определить, сконцентрирована ли связь в оборудовании или гибком производственном модуле, или работает ли она по всему производственному залу или промышленному предприятию.

5.2.8 Загрузка линии связи

Загрузка линии связи описывает требование приложения автоматизации к передаче определенного объема пользовательских данных в пределах определенного отрезка времени, как показано на рисунке 8. Загрузка линии связи представляет собой соотношение количества бит пользовательских данных и интервала передачи.

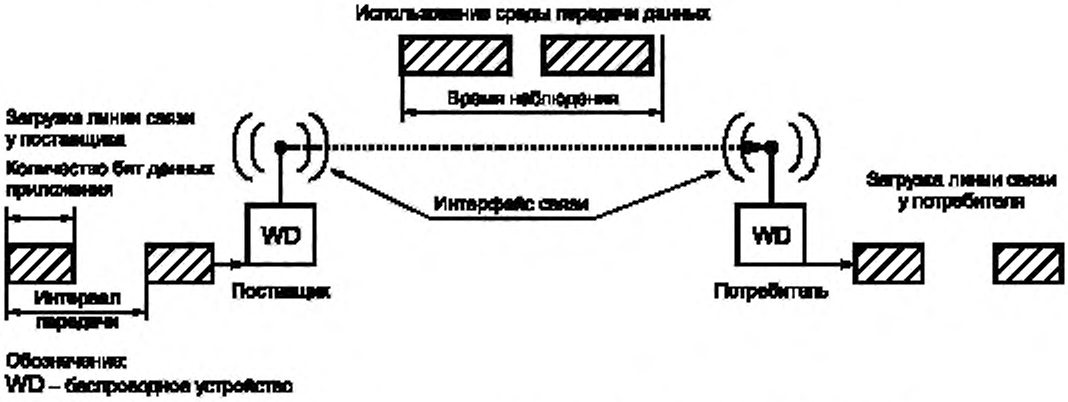


Рисунок 8 — Загрузка линии связи при наличии двух беспроводных устройств

Однако, фактическое использование среды передачи данных зависит от применяемого решения беспроводной связи. Например, на рисунке 9, загрузка линии связи указана более чем для двух радиоэлементов.

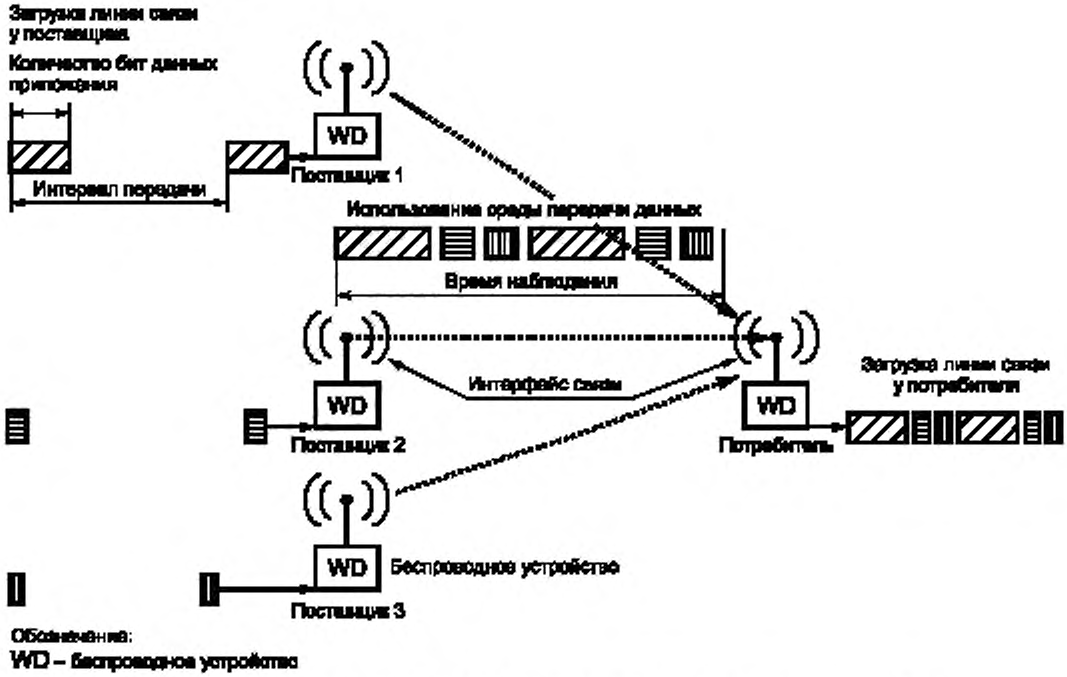


Рисунок 9 — Загрузка линии связи при наличии нескольких беспроводных устройств

5.2.9 Частота среза

В принципе, существуют две частоты среза. Верхняя частота среза представляет собой самую высокую соответствующую частоту огибающей спектра. Нижняя частота среза представляет собой самую нижнюю соответствующую частоту огибающей спектра. Однако, это зависит от технологии беспроводной связи и стандарта в отношении того, что имеется в виду под понятием «соответствующую».

Существуют два принципиальных подхода:

- начальный уровень является максимальной спектральной плотностью мощности передачи. Из данного максимального уровня вычитается определенное значение. Примером такого значения является 20 дБ. Частота выше частоты, где спектральная плотность мощности падает ниже полученного в результате уровня, называется нижней частотой среза. Соответственно, частота ниже частоты, где спектральная плотность мощности падает ниже этого уровня, называется верхней частотой среза;

- второй подход определяет частоты среза относительно определенного уровня паразитного (побочного) излучения.

Частоты среза определяют пропускную способность системы и таким образом использование среды передачи данных в частотном диапазоне. Кроме того, частоты среза можно использовать для вычисления центральной частоты.

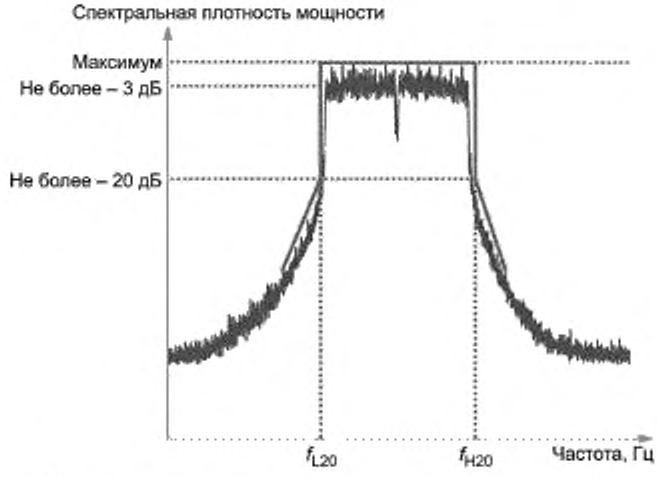


Рисунок 10 — Частоты среза, полученные от максимального уровня мощности

Единицей измерения данного параметра должен быть герц (Гц).

5.2.10 Пропускная способность канала передачи данных

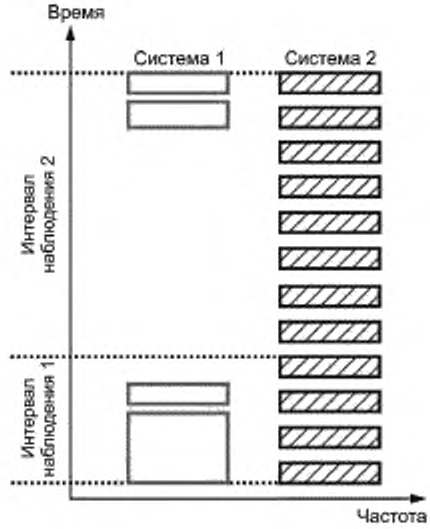
Пропускная способность канала передачи данных имеет отношение к передаче больших объемов информации (например, передаче наборов данных со значительными параметрами для приводов или загрузке программ в устройства с комплексным полем).

Пропускная способность канала передачи данных — это число используемых байтов данных или битов данных, передаваемых внутри потребителя от интерфейса связи к приложению за единицу времени.

Для того, чтобы вычислить совместимость, можно использовать среднее значение серии измерений в сравнении со значением, данным приложением автоматизации.

5.2.11 Коэффициент заполнения

Коэффициент заполнения — это коэффициент отношения последовательности передатчика к установленному времени наблюдения для использованного радиоканала. То, каким образом выбирается время наблюдения, влияет на значение коэффициента заполнения. Это проиллюстрировано на рисунке 11. Для системы 1 со временем наблюдения 1 коэффициент заполнения больше, чем для системы 2. Однако он ниже для системы 1 со временем наблюдения 2.



Обозначения:
- красный (незаполненные рамки) — система 1
- синяя (в полоску) штриховка — система 2.

Рисунок 11 — Коэффициент заполнения

Целесообразно определить время наблюдения по отношению к профилям приложений. Время наблюдения должно равняться десяти обычным интервалам передачи профиля приложений. При этом интервал передачи — это разница во времени между двумя передачами пользовательских данных из приложения автоматизации. Таким образом, должны быть использованы значения времени наблюдения, как показано в таблице 2.

Таблица 2 — Значения времени наблюдения, зависящие от профиля приложения

Профиль приложения	Оборудование	Производственный зал	Производственное предприятие
Интервал передачи	100 мс	250 мс	4 с
Время наблюдения	1 с	2,5 с	40 с

Коэффициент заполнения является ключевым параметром для определения использования среды передачи данных во времени. Малый коэффициент заполнения приводит к небольшому использованию среды передачи данных и вместе с тем к меньшему влиянию на пользователей других частот.

Данный параметр должен выражаться в процентах (%).

5.2.12 Эффективная мощность излучения (EIRP, ERP)

EIRP и ERP — параметры, которые выражают мощность, подаваемую на антенну, помноженную на усиление антенны в заданном направлении. Подаваемая на антенну мощность задается в результате объединения спектральной плотности мощности по всей полосе пропускания. Если направление антенны не задано, то тогда принимается направление максимального усиления. Эффективная мощность излучения учитывает потери в линии передачи и соединителях (см. также [11]), таким образом, общая мощность излучения ниже мощности, подаваемой на антенну.

Для частот ниже 1 ГГц, в качестве ориентира для усиления антенны используется полуволновой диполь. Эффективная мощность излучения обозначается аббревиатурой ERP. Для частот выше 1 ГГц в качестве ориентира для усиления антенны используется теоретический изотропный излучатель. Эта эффективная мощность излучения называется эффективной мощностью изотропного излучения (EIRP).

Поскольку изотропное усиление полуволнового диполя составляет 2,15 дБи, значения EIRP на 2,15 дБ больше, чем значения ERP.

ERP и EIRP — фундаментальные параметры для оценки уровня мощности в определенном положении. Данное соотношение между EIRP и ERP можно пояснить на следующем примере:

Пример — Предположим, что мы используем антенну с усилением антенны равным 3 дБи (см. также 5.2.1), в таком случае, для того чтобы удовлетворять требованию ≤ 20 дБм EIRP, мощность передачи на входе антенны не должна превышать 17 дБм.

Единицей измерения данного параметра должен быть ватт (Вт).

5.2.13 Алгоритм скачкообразной смены частоты

Алгоритм скачкообразной смены частоты должен включать в себя последовательность частотных каналов и период времени скачкообразной смены частоты.

5.2.14 План будущего расширения

Следует рассматривать планы будущего расширения. Установка новых решений беспроводной связи и зданий может влиять на условия для беспроводной связи.

5.2.15 Географические размеры промышленного предприятия

В рамках совместимости беспроводной связи, географическими размерами промышленного предприятия являются длина, ширина и высота участка, на котором происходит распространение беспроводной связи установленных систем. Следует рассматривать участок работы, например, производственный зал для оборудования.

5.2.16 Элементы инфраструктуры

Под элементами инфраструктуры подразумевают устройства, такие как роутер или базовые станции без непосредственной зависимости от приложения автоматизации. Элементы инфраструктуры необходимы для создания системы беспроводной связи в соответствии с технологией или стандартом. Они могут повысить устойчивость работы сети, однако они также создают помехи другим беспроводным системам связи.

Роутер или базовые станции, которые имеют интерфейс к проводным промышленным сетям или которые выполняют функции приложения автоматизации, не считаются элементами инфраструктуры, а считаются беспроводными устройствами.

5.2.17 Начало процесса передачи данных

Данный параметр определяет, как приложение начинает процесс передачу данных: периодически (циклично), апериодически (ациклично) или стохастически (случайно). Периодическая передача может привести к более высокой нагрузке связи, чем апериодическая передача, потому что одни и те же значения могут передаваться неоднократно. Начало процесса передачи данных влияет на нагрузку связи и может способствовать разделению во времени систем радиосвязи.

5.2.18 Длина пользовательских данных на интервал передачи

Длина пользовательских данных влияет на нагрузку связи и может являться причиной разделения во времени систем беспроводной связи.

5.2.19 Ограничение от соседних с промышленным предприятием объектов

Соседние с промышленным предприятием объекты могут являться причиной ограничений для беспроводной связи. Примерами таких объектов являются мощный(ые) источник(и) радиоизлучения и чувствительное оборудование.

5.2.20 Максимальное время выдержки

Под максимальным временем выдержки понимают отрезок времени, в который система закреплена за определенным каналом. Если система требует немедленного ответа, то необходимо рассматривать его и время ожидания. Это применимо только к системам со скачкообразной сменой частоты. Максимальное время выдержки показано на рисунке 12 с max t_{Dw}.

Время выдержки определяет быстроту действия системы со скачкообразной сменой частоты. Время выдержки вместе с числом радиоканалов может быть использовано, для того чтобы вычислить, как часто система появляется в определенном канале.

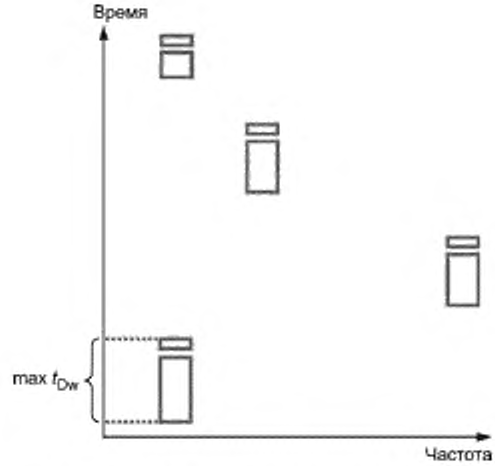


Рисунок 12 — Максимальное время выдержки

Единицей измерения данного параметра должна быть секунда (с).

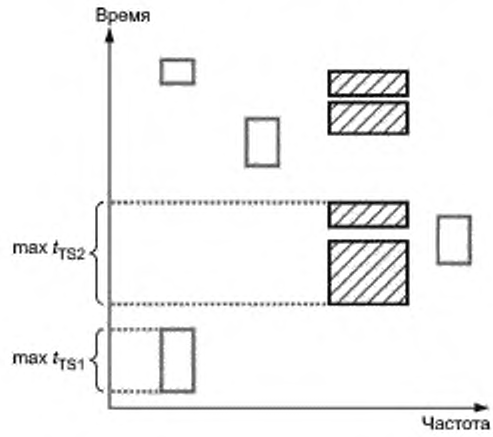
5.2.21 Максимальное число ретрансляций

Данный параметр указывает, как часто пользовательские данные автоматически ретранслируются коммуникационным стеком из-за ошибок передачи. Возможно, что ретрансляции инициируются разными протокольными уровнями. Таким образом, максимальное число ретрансляций должно быть определено для каждого соответствующего уровня. По возможности, следует разъяснить особенности механизма, например, время ожидания. Данный параметр может существенно влиять на использование среды передачи данных.

5.2.22 Максимальная последовательность передатчика

Под максимальной последовательностью передатчика понимается максимальное время, в течение которого передатчик использует радиоканал. Если запрос требует немедленного ответа, и в течение времени ожидания среда передачи данных не может быть использована устройством той же сети, необходимо рассматривать весь период времени. Данное целесообразное упрощение, даже в том случае, если передачу могли бы начать устройства других систем.

Таким образом, на рисунке 13, максимальной последовательностью передатчика системы 1 является t_{TS1}, а максимальной последовательностью передатчика системы 2 является t_{TS2}.



Обозначения:
- красный (незаполненные рамки) — система 1,
- синяя (в полоску) штриховка — система 2.

Рисунок 13 — Максимальная последовательность передатчика

Для систем со скачкообразной сменой частоты это время должно быть рассмотрено для каждого используемого частотного канала. Максимальная последовательность передатчика дает представление о максимальном занятом времени. Реальные приложения могут использовать только малую толику. Поэтому дополнительно следует рассматривать коэффициент заполнения.

Единицей измерения данного параметра должна быть секунда (с).

5.2.23 Механизмы для адаптивности

Механизмы для адаптивности можно использовать для изменения одного или более эксплуатационных параметров системы с целью повышения устойчивости системы к помехам и минимизации использования среды передачи данных. Механизмы адаптивной связи могут автоматически использовать информацию обратной связи, полученную от самой системы или от сигналов, передаваемых системой, для того чтобы динамически изменять эксплуатационные параметры системы. Также возможно заранее запланировать эксплуатационные параметры и настраивать системы соответствующим образом.

Примеры механизмов для адаптивности следующие:

- специалист по обеспечению совместимости: элемент централизованной системы управляет использованием среды передачи данных;
- обнаружить и избежать (DAA): если канал занят, поменяйте канал [например, AFH (адаптивная перестройка частоты)];
- обнаружить и подавить (DAS): если канал занят, не осуществлять передачу (например, прослушать перед ответом);
- обнаружить и понизить (DAR): если канал занят, понизить выходную мощность.

В зависимости от того, сколько систем используют механизмы для адаптивности и какой параметр они адаптируют, эти меры могут помочь улучшить совместимость или могут привести к нестабильному и ненадежному поведению системы.

5.2.24 Механизм управления доступом к среде передачи данных

Управление доступом к среде передачи данных обеспечивает, например, обслуживание коммуникационного запроса до тех пор, пока среда передачи данных свободна (см. CSMA, например, в IEEE 802.3 [14]) или распределяет запрос в строго определенные интервалы времени (см. TDMA, например, в IEEE 802.15.4 [18]). Возможно сочетание этих двух, а также других механизмов доступа. Цель этих механизмов, прежде всего, — осуществление контроля доступа к среде передачи данных в пределах одной системы беспроводной связи. Однако это также влияет на характеристики устойчивости и использования среды передачи данных системы, и поэтому должно быть учтено в процессе обеспечения совместимости.

5.2.25 Модуляция

Сигнал получает свой информационный контент за счет изменения амплитуды, частоты или фазы колебаний (волны), что происходит благодаря модуляции волны. Известны аналоговые и цифровые модуляции. Цифровые модуляции могут быть совмещены со схемами расширения для повышения устойчивости физического сигнала.

5.2.26 Естественные климатические условия

Естественные климатические условия, такие как температура, влажность или давление воздуха, могут влиять на условия распространения.

5.2.27 Характеристические параметры устройства

Для каждого устройства должны быть указаны стандартные параметры устройства, такие как модельный тип, производитель, вариант исполнения.

5.2.28 Пользователи другой частоты

Данный параметр характеризует пользователей другой частоты, излучающих радиоволны без передачи данных, таких как сварочные аппараты, электрические приводы, частотные преобразователи, работающих на том же участке. Необходимо знать тип пользователя другой частоты и его использование среды передачи данных.

5.2.29 Коэффициент потери пакетов (PLR)

Коэффициент потери потоков показывает, какое число пакетов, переданных от приложения к интерфейсу связи внутри поставщика, передается от интерфейса связи к приложению внутри потребителя.

Коэффициент потери потоков вычисляют по формуле

$$\mathrm{TPP} = \frac{N_t - N_r}{N_t},$$

где N_t — число переданных пакетов;

N_r — число регулярно принимаемых пакетов.

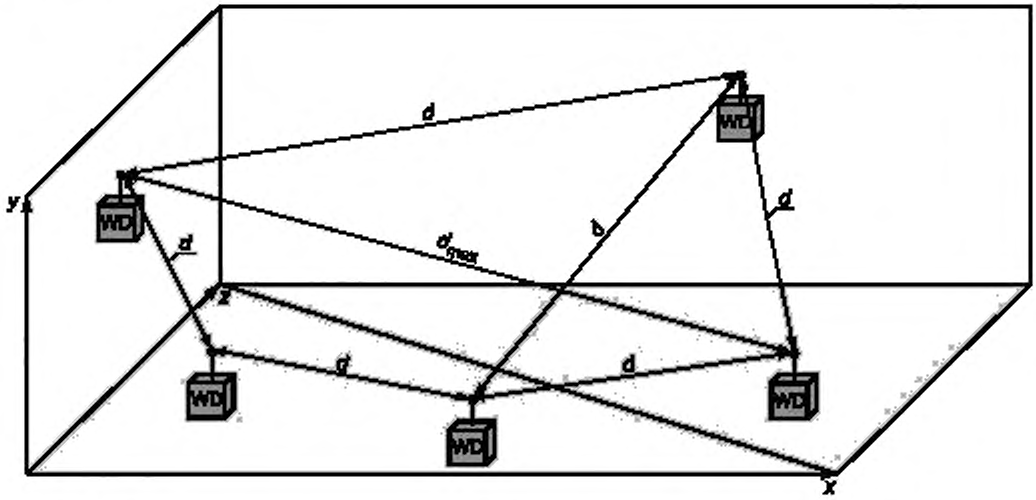
Если предположить, что приложение ожидает пакет не позднее времени t_{DL}, все пакеты со временем передачи больше, чем t_{DL}, должны считаться потерянными и относиться к числу непринятых пакетов ($N_t - N_r$). Для оценки совместимости нужно убедиться, какое количество пакетных потерь допускается приложением автоматизации до результатов простоя оборудования. Число простоев оборудования определяет техническую готовность оборудования, что является главным критерием качества радиосвязи.

5.2.30 Физические каналы

Число физических каналов включает всю физическую связь между двумя беспроводными устройствами системы беспроводной связи. Между двумя беспроводными устройствами существует только один физический канал. В случаях, когда беспроводные устройства имеют резервные беспроводные модули, например, для различных каналов связи, соответствующие физические каналы необходимо считать отдельно. Приемлемо, чтобы физический канал существовал между каждым из двух беспроводных устройств. На это могут быть физические, технологические или связанные с приложением причины. Загрузка линии связи физического канала определяется логическими каналами, которые используют этот физический канал.

5.2.31 Местоположения беспроводных устройств и расстояния между ними

Координаты всех беспроводных устройств приложения распределенной автоматизации должны быть записаны в схеме области применения. Рисунок 14 показывает расстояния беспроводных устройств в трехмерном пространстве. Данное расстояние может динамически изменяться в случае мобильных средств радиосвязи.



Обозначения:
d — расстояние (м);
WD — беспроводное устройство.

Рисунок 14 — Расстояние радиоэлементов

По возможности, расстояние между беспроводными устройствами системы беспроводной связи следует выбирать таким образом, чтобы это могло обеспечить оптимальные уровни мощности сигнала, что повышает устойчивость работы беспроводной системы. Расстояние до беспроводных устройств других систем беспроводной связи должно быть выбрано таким образом, чтобы уровни мощности сигнала помех были как можно ниже, что уменьшает помехи другой беспроводной системы.

5.2.32 Спектральная плотность мощности сигнала (PSD)

Спектральная плотность мощности описывает, как мощность сигнала распределяется с частотой. В разговорной речи, область (участок) ниже кривой PSD часто называется спектром сигнала. Единицей измерения спектральной плотности мощности является ватт на герц. PSD должна быть представлена, например, как указано на рисунке 15, для системы IEEE 802.15.4 [18].



Рисунок 15 — Спектральная плотность мощности системы IEEE 802.15.4

Спектральная плотность мощности (PSD), как показано на рисунке 15, дает полное представление о мощности сигнала в частотном спектре для обеспечения совместимости. Единицей измерения данного параметра является дБм/100 кГц в пределах предполагаемого диапазона частот.

5.2.33 Цель приложения автоматизации

Цель приложения автоматизации — это полезный обзор (анализ) требований приложения к связи.

5.2.34 Радиоканал

Радиоканал характеризуется центральной частотой и полосой частоты или нижней и верхней частотой среза. В основном используется первая комбинация. В процессе обеспечения совместимости проще справляться с радиоканалами, чем с частотами среза, центральными частотами или полосами частот. Оборудование может работать на более чем одном радиоканале. Канал может быть настроен статически или выбран автоматически во время пуска в эксплуатацию. Кроме того, система может выбрать из определенного количества каналов в определенной последовательности во время эксплуатации (скачкообразная смена частоты или быстрая перестройка частоты). Последовательность псевдослучайной перестройки частоты может быть адаптирована по отношению к условиям распространения. Из-за наличия этих опций, для обеспечения совместимости требуется подробное описание использования канала во время эксплуатации. Данный параметр должен быть выражен как число, представленное в виде значения целого числа без знака.

5.2.35 Условия распространения радиоволн

Условия распространения влияют на устойчивость работы системы беспроводной связи, а также помехи от других беспроводных систем. Условия зависят от используемой частоты, размеров и характеристик зоны обслуживания, естественных природных условий и взаимовидимости.

Последнее обозначает область прямой видимости, непрямой видимости и область за пределами прямой видимости между двумя беспроводными устройствами.

5.2.36 Блокировка приемника

Блокировка приемника — это показатель правильной работы приемника при наличии внеканальных сигналов.

Реакция блокировки приемника (или уровень производительности) определяется как максимальный уровень сигнала-помехи, выраженный в децибел-метр (дБм), снижающий чувствительность приемника на определенное количество децибел (дБ) (обычно 3 дБ). Следовательно, реакция блокировки приемника обычно оценивается на уровне полезного сигнала, который на 3 дБ выше чувствительности приемника на частотах, отличающихся от частоты полезного сигнала (см. дополнительную информацию в документе ZVEI[22])

Блокировка приемника рассматривает такие эффекты, как ложный отклик, интермодуляционная чувствительность и избирательность по соседнему каналу.

Единицей измерения данного параметра должен быть децибел-метр (дБм).

5.2.37 Максимальный уровень входного сигнала приемника

Уровни принимаемого сигнала выше максимального уровня сигнала на входе приемника мешают или нарушают работу приемника. Вместе со значениями мощности передачи системы и источников помех, а также с учетом условий распространения, можно проанализировать и определить минимальное необходимое расстояние до другого оборудования.

Единицей измерения данного параметра должен быть децибел-метр (дБм).

5.2.38 Чувствительность приемника

Чувствительность приемника определяет, насколько хорошо приемник может принимать полезные сигналы при отсутствии помех (см. также [12]). Она определяет минимальную мощность принимаемого сигнала, которая требуется приемнику для достижения установленного коэффициента битовых ошибок. Вместе со значениями мощности передачи системы и источников помех, а также с учетом условий распространения, можно проанализировать и определить запас мощности (пороговое значение мощности).

Единицей измерения данного параметра должен быть децибел-метр (дБм).

5.2.39 Местный регламент радиосвязи

Местный регламент радиосвязи определяет важные параметры совместимости, такие как частотный диапазон и выходная мощность. Данные технические параметры необходимо учитывать в процессе обеспечения совместимости.

Примечание — Данный перечень параметров совместимости может быть сокращен за счет перечисления стандартов местного регламента радиосвязи, которым соответствует система/устройство, например ETSI EN 300 328 [13]. (ETSI — Европейский институт телекоммуникационных стандартов).

5.2.40 Относительное перемещение

При планировании диапазона перемещения передвижных или мобильных (возимых) средств радиосвязи необходимо рассматривать тот же критерий, что и в случае со статичными расстояниями.

Как относительная скорость между радиоэлементами, так и траектория могут влиять на временную зависимость и ошибочное поведение радиопередачи и поэтому могут являться неблагоприятными предпосылками для совместимости.

Единицей измерения данного параметра должен быть метр на секунду (м/с).

5.2.41 Требования к надежности

Требования к надежности беспроводной связи должны быть четко определены. Другие решения беспроводной связи могут являться причиной ухудшения надежности целевого беспроводного приложения. Допустимые уровни для успешного выполнения приложения следует уточнить.

5.2.42 Время реакции

Время реакции в первую очередь важно для подтверждаемых услуг, например, при проблемно-ориентированной передаче данных технологического процесса или параметрических данных.

Время реакции — это отрезок времени между мгновенной доставкой бита или байта данных пакета первого пользователя на интерфейс связи клиента и моментом, когда последний бит или байт подтверждающего пакета доставляется на интерфейс связи того же клиента, который может быть назначен на запрос.

Это означает, что время реакции состоит как минимум из одного времени передачи между клиентом и сервером и одного времени передачи между сервером и клиентом.

Связь между клиентом и сервером может осуществляться напрямую через элемент инфраструктуры (например, базовую станцию) или с помощью дополнительных узлов сети (например, сенсорные сети).

Помехи влияют на значения времени реакции. Совместимость имеет место, пока соблюдается предельное значение, установленное приложением автоматизации. В противном случае, соответствующая передача должна расцениваться как потеря пакетов.

Время реакции является случайной величиной. Это важно, поскольку время реакции больше зависит от внешних условий передачи, по сравнению с проволочной связью.

Единицей измерения данного параметра должна быть секунда (с).

5.2.43 Необходимый уровень защиты

Требования к безопасности киберпространства могут влиять на обеспечение совместимости. Возможно, потребуется физически отделить некоторые чувствительные решения беспроводной связи от некоторых других видов систем беспроводной связи или, возможно, обеспечить расстояние от границы участка.

5.2.44 Территориальный охват беспроводной сети связи

Территориальный охват беспроводной сети связи зависит от требований приложения к связи. Тем не менее, это также имеет решающее значение для возможности пространственного отделения приложений радиосвязи. При размещении нескольких беспроводных устройств необходимо учитывать монтажную высоту антенны.

Единицей измерения данного параметра должен быть метр (м).

5.2.45 Побочный сигнал приема (ложный отклик)

Побочным сигналом приема (ложным откликом) является выходная мощность радиоприемника в результате ложных сигналов (то есть имеющие частоты, отличные от канала резонансной частоты), которая определена в терминах частот и уровней сигналов, которые производят такую нежелательную выходную мощность радиоприемника.

Единицей измерения данного параметра должен быть децибел (дБ).

5.2.46 Топология сети

Топология описывает структуру и компоненты приложений радиосвязи. Основными топологиями являются:

- двухточечная;
- сетевая:
  - линейная;
  - звездообразная;
  - сотовая;
  - древовидная;
  - ячеистая.

Возможны комбинации этих основных топологий. Данная информация может быть использована для оценки предполагаемого охвата решения беспроводной связи.

5.2.47 Общая мощность излучения (TRP)

Общая мощность излучения представляет собой мощность, подаваемую на антенну, уменьшенную на коэффициент потерь антенны. TRP часто определяется в более свежих стандартах. Ее можно измерить с помощью трехмерного поворотного стола, который позволяет интегрировать (объединить) пространственную плотность мощности на 360°.

Единицей измерения данного параметра должен быть ватт (Вт).

5.2.48 Обрыв (пауза) передачи сигнала

Минимальный обрыв (пауза) передачи сигнала — это время между двумя последовательными коэффициентами использования канала передатчиком. Если запрос требует мгновенной реакции, то время ожидания не рассматривается (не учитывается). На рисунке 16 минимальный обрыв (пауза) передачи сигнала изображен с помощью t_{TG}.

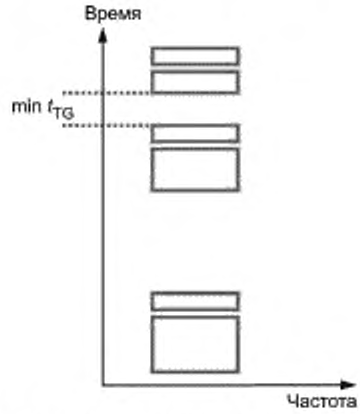


Рисунок 16 — Минимальный обрыв (пауза) передачи сигнала

Для систем со скачкообразной сменой частоты минимальный обрыв (пауза) передачи сигнала относится к одному из используемых каналов, а не между передачами разных каналов. Минимальный обрыв (пауза) передачи сигнала дает представление о минимальном доступном времени. Реальные

приложения могут оставлять еще большие обрывы (паузы). Таким образом, дополнительно следует рассматривать коэффициент заполнения.

Единицей измерения данного параметра должна быть секунда (с).

5.2.49 Интервал между посылками импульсов

Интервал между посылками импульсов оказывает воздействие на загрузку линии связи и может способствовать разделению по времени. Для апериодической передачи интерес представляет минимальное значение. Для стохастических передач актуальны параметры функции распределения.

На рисунке 17 изображено соотношение между машинным циклом или циклом промышленного предприятия, интервалом между передачей сигналов и циклом связи. Обычно приложения промышленной автоматизации следуют циклам технологического процесса. В течение такого машинного цикла или цикла промышленного предприятия происходит множество событий, которые должны быть переданы по беспроводному каналу связи. В случае периодической передачи цикл связи должен быть быстрее, чем интервал между посылками импульсов. При апериодической передаче данных интервал между посылками импульсов является наименее возможным временем между двумя запросами на передачу.

Единицей измерения данного параметра должна быть секунда (с).

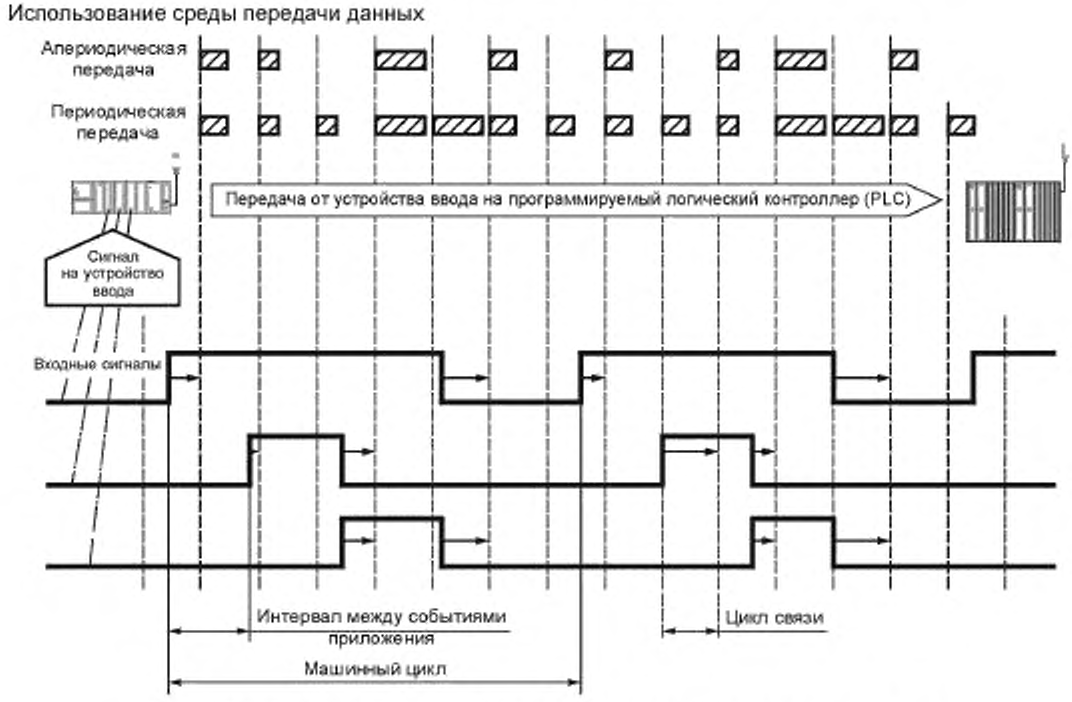


Рисунок 17 — Цикл связи, интервал между событиями приложения и машинный цикл

5.2.50 Время передачи

Время передачи является подходящим измерительным средством для оценки совместимости в отношении приложения автоматизации с управлением по событиям. Хорошим примером является передача изменения состояний в датчике приближения.

Время передачи — это интервал от начала доставки первого байта пользовательских данных пакета на интерфейс связи поставщика до доставки последнего байта пользовательских данных того же пакета от интерфейса связи потребителя.

Помехи, описанные в 4.4, влекут за собой более продолжительное время передачи. Совместимость имеет место, пока переданные пакеты сохраняют предельное значение, установленное приложением автоматизации. В противном случае, соответствующая передача должна расцениваться как потеря пакетов (см. также 5.2.29)

Время передачи является случайной величиной. Это важно, поскольку время передачи больше зависит от внешних условий передачи, по сравнению с проволочной связью.

Рисунок 18 иллюстрирует функции плотности времени передачи решений радиосвязи, полученных в результате измерений с большой выборкой.

Обычно количество пакетов с большим временем передачи, например t_{TT2}, увеличивается с N_2 до N'_2, если вмешивается другое решение беспроводной связи. С другой стороны, количество пакетов с меньшим временем передачи, например t_{TT1}, уменьшается с N_1 до N'_1, если вмешивается другое решение беспроводной связи. Причины этому могут быть, например, время ожидания свободной среды передачи данных или ретрансляции в результате потери пакетов.

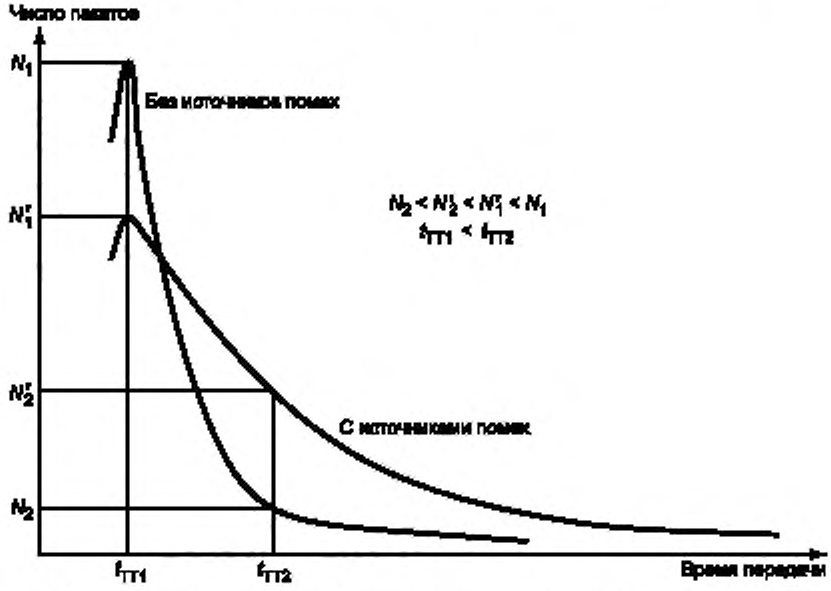


Рисунок 18 — Пример функций плотности распределения времени передачи

На рисунке 19 приведен пример функций распределения времени передачи. Две кривые показывают количество принимаемых пакетов, которые приходят в течение определенного времени передачи.

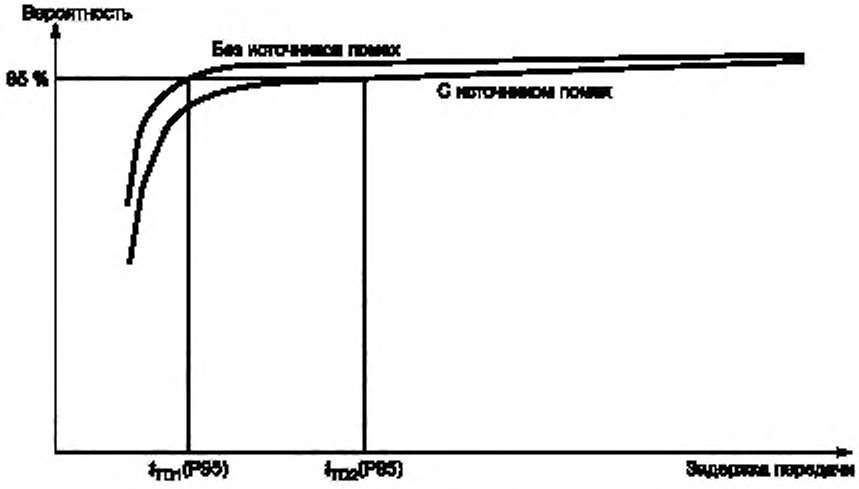


Рисунок 19 — Пример функций распределения времени передачи

При метрологическом определении значений времени передачи статистический параметр может быть установлен на основании выборки. Изменения в статистических параметрах, в зависимости от присутствия других приложений радиосвязи, являются мерой силы влияния на решение радиосвязи. Для данной относительной оценки соответствующим средством измерения являются параметры распределения, например, перцентиль. Перцентиль *P*95 является общим значением (см. рисунок 19). В 95 % всех передач это значение не превышается. Опыт показывает, что значение *P*95 является разумным компромиссом между требуемым размером выборки и статистически достоверной (значимой) информацией. Однако и другие статистические параметры распределения тоже можно принимать во внимание. Данные параметры распределения (например, перцентиль *P*95) не являются полностью аналогичными технологической готовности оборудования.

Максимальное значение времени передачи было бы важно для получения абсолютного результата по совместимости посредством сравнения этого значения времени с предельно допустимым значением, требуемым приложением. Однако, максимальное значение определенного измерения не эквивалентно абсолютно максимальному времени передачи. Измеренное максимальное значение имеет определенную вероятность, которая может быть вычислена, если известны функциональные уравнения кривых, изображенных на рисунках 18 и 19. Надежность вычислений зависит от размера выборки измерений, на которых основаны функциональные уравнения.

Кроме этого, максимальное значение времени передачи может быть оценено аналитически, принимая для всех временных отрезков максимальное значение. Это максимальное значение не подходит для оценки совместимости, потому что в этом случае для временных отрезков, оказавшихся под влиянием других приложений радиосвязи, необходимо также принимать максимальное значение.

Во времени передачи также следует учитывать задержку доступа к среде передачи данных.

Единицей измерения данного параметра должна быть секунда (с).

5.2.51 Спектральная маска передатчика

Огибающая кривая спектральной плотности мощности может быть охарактеризована числом определенных точек, создающих спектральную маску передатчика, как показано на рисунке 20 для системы IEEE 802.15.4 [18]. Данное целесообразное упрощение для обеспечения совместимости. Особые спектральные маски передатчика определены документом, относящимся к стандартам. Настоящий стандарт рассматривает не только мощность в предполагаемом канале, но также и в соседних и обходных каналах. Спектральная плотность мощности должна быть меньше предельных значений, установленных через спектральную маску передатчика. Спектральный профиль излучаемой мощности передатчика можно использовать, чтобы подчеркнуть качество оборудования по отношению к совместимости, если спектральная маска передатчика заметно меньше, чем требуется по соответствующему стандарту.

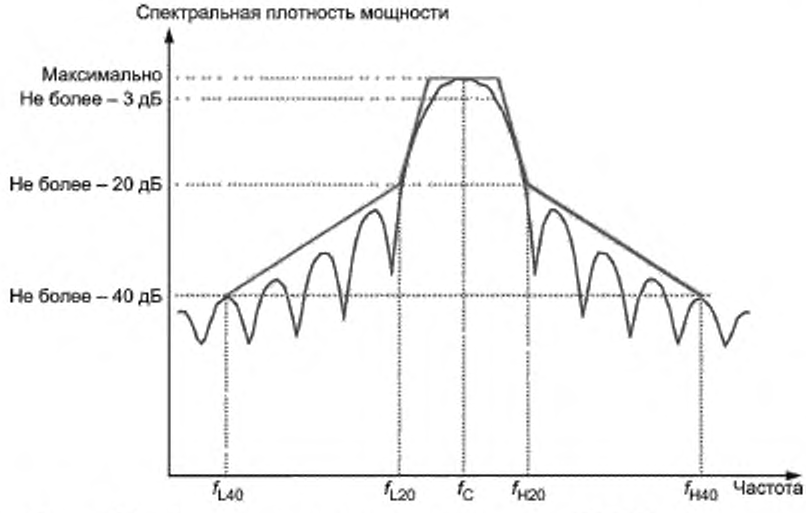


Рисунок 20 — Спектральная маска передатчика системы IEEE 802.15.4

Единицей измерения данного параметра должен быть дБ в пределах заданного частотного диапазона.

5.2.52 Тип антенны

Беспроводные устройства могут использовать различные типы антенн для получения или излучения электромагнитных волн. Примерами являются всенаправленные антенны, направленные антенны, антенные решетки и печатные антенны. Антенны могут быть встроены в оборудование (внутренние) или существуют разъемы для внешнего подключения антенн. Если оборудование может быть использовано только с какой-то одной конкретной антенной, то такая антенна называется выделенной. Информацию о типе антенн можно использовать для оценки качества линии (канала) связи и чувствительности к помехам.

5.2.53 Время обновления данных

Время обновления данных можно использовать для оценки в случае приложения автоматизации с циклической передачей. В качестве примера может служить циклическая передача системы обнаружения местоположения.

Под временем обновления данных понимается интервал от доставки последнего байта пользовательских данных пакета поставщика, от интерфейса связи потребителя на приложение автоматизации, до доставки последнего байта пользовательских данных следующего пакета того же поставщика.

Помехи, описанные в 4.4, приводят к распределению времени передачи. Совместимость осуществляется до тех пор, пока передаваемые пакеты сохраняют предельное значение для распространения времени обновления данных, заданное приложением автоматизации.

Время обновления данных является случайной величиной. На рисунке 21 показан пример функций распределения времени обновления данных. Для относительной оценки, что означает, мешает ли приложение радиосвязи в большей или меньшей степени, можно рассматривать стандартное отклонение в качестве параметра распределения.

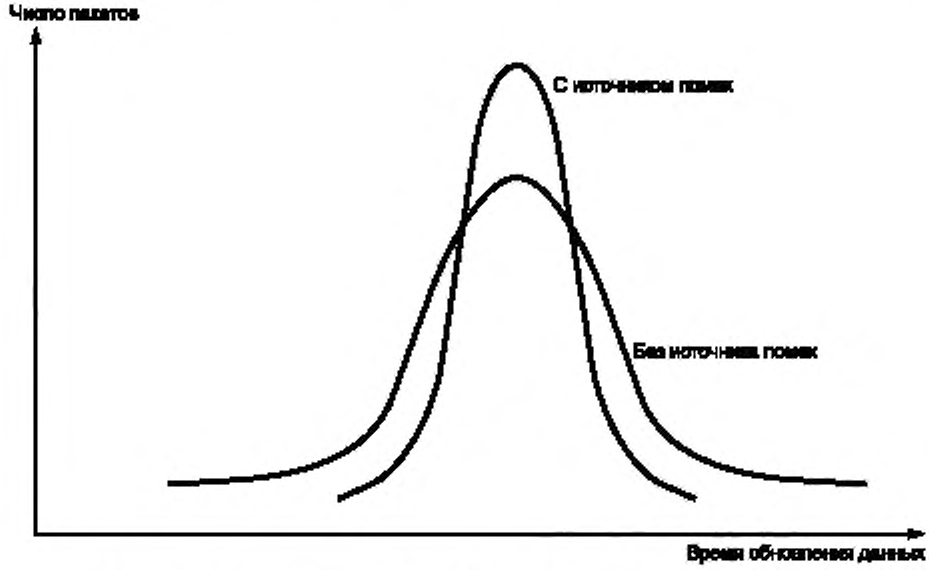


Рисунок 21 — Пример функций распределения времени обновления данных

Максимальный интервал времени обновления данных, который также называется джиттером (колебанием задержки), был бы необходим для получения абсолютного результата по совместимости посредством сравнения этого значения времени с предельно допустимым значением, требуемым приложением. Однако, максимальный интервал определенного измерения не эквивалентен абсолютно максимальному интервалу времени обновления данных. Максимальный интервал имеет определенную вероятность, которая может быть вычислена, если известны функциональные уравнения кривых, изображенных на рисунке 21. Надежность вычислений зависит от размера выборки измерений, на которых основаны функциональные уравнения.

Единицей измерения данного параметра должна быть с (секунда).

5.2.54 Используемые частотные диапазоны

Количество частотных диапазонов, которые можно настроить или которые фактически используются, являются частью основных параметров обеспечения совместимости.

5.2.55 Беспроводные устройства

Количество беспроводных устройств влияет на загрузку линии связи и использование среды передачи данных. Чем меньше устройств, обменивающихся данными внутри системы беспроводной связи, тем меньше вероятность возникновения конфликтов.

5.2.56 Беспроводные сети связи

Данный параметр описывает сети беспроводной связи, работающие на том же участке. Необходимо рассматривать все сети, не зависимо от технологии или используемого частотного диапазона. Необходимо дать описание использования среды передачи данных этими сетями.

5.2.57 Беспроводная технология или стандарт

Большинство беспроводного оборудования будет использовать стандартную базовую технологию, которая иногда уже предопределяет некоторые из параметров, перечисленных в 5.2. Поэтому значения или область значений параметров косвенно определяется названием беспроводной технологии или стандарта.

Необходимо точно предоставить частотный диапазон, поскольку это позволяет провести первую общую классификацию беспроводного решения. Кроме того, необходимо определить схему модуляции. Вид модуляции или кодирование символов перед физической передачей может помочь избежать взаимного вмешательства беспроводных решений связи. К тому же, коммуникационные запросы подаются в среду передачи данных по-разному, что означает, что одна и та же загрузка линии связи может привести к различным коэффициентам занятости канала.

Реализации, использующие базовую технологию, для определенных параметров могут быть намного лучше, чем базовый стандарт. Беспроводная реализация также может использовать ряд параметров эталонного стандарта беспроводной связи, поэтому не все параметры могут быть применимы. Кроме того, существуют беспроводные технологии, которые не следуют определенному стандарту.

Примерами стандартов, определяющих сеть беспроводной связи, являются МЭК 62591 [6], МЭК 62601 [7] и МЭК/ПС 62734 [9].

6 Информационные структуры обеспечения совместимости

6.1 Общие положения

Раздел 6 определяет структурирование параметров обеспечения совместимости в соответствии с размерами использования. Принцип изображен на рисунке 22. Параметры, описание которых представлено в разделе 5, отобраны и структурированы в разделе 6.

Структура, представленная в разделе 6, используется в шаблоне, приведенном в разделе 8. Для описания релевантной информации должен быть определен параметр (критерий), и этот параметр (критерий) может являться диапазоном значений или списком (таблицей) значений.

Шаблоны, приведенные в разделе 8, должны использоваться для описания конкретного объекта предметов, относящихся к обеспечению совместимости, путем присвоения параметрам значений или диапазонов значений. Следовательно, информация может быть развернута в процессе беспроводного обеспечения совместимости.

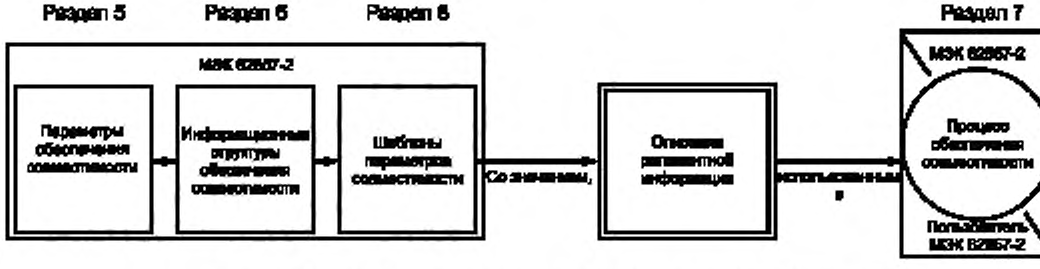


Рисунок 22 — Принцип использования параметров совместимости

Для процесса беспроводного обеспечения совместимости определены четыре набора параметров.

Они используются для описания:

- общей характеристики промышленного предприятия, свойственной всем беспроводным сетям связи (см. 6.2),
- требований приложения к связи для каждого приложения автоматизации (см. 6.3),
- характеристики каждой системы беспроводной связи и типа устройства (см. 6.4),
- характеристики каждого решения беспроводной связи (см. 6.5),

6.2 Общая характеристика промышленного предприятия

Подраздел 6.2 определяет набор параметров, характеризующий промышленное предприятие в общих чертах применительно ко всем приложениям беспроводной связи. Описание характеристики промышленного предприятия должно использовать определения и спецификации параметров обеспечения совместимости, определенные в разделе 5, которые структурированы в разделе 6, и должны использовать шаблоны параметров совместимости, представленные в разделе 8. Описание характеристики промышленного предприятия должно быть использовано в процессе обеспечения совместимости, который определен в разделе 7. Рисунок 23 показывает отношение между определением и требованиями настоящего стандарта и его использование в спецификации системы обеспечения совместимости.

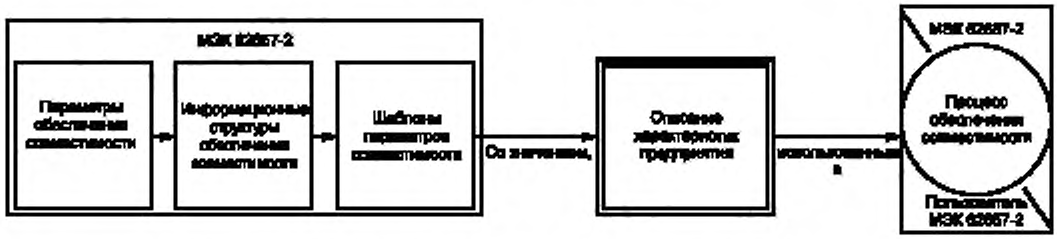


Рисунок 23 — Параметры для описания общей заводской характеристики

Параметры, представленные в таблице 3, должны быть использованы для описания условий распространения и интерференционный потенциал в пределах промышленного предприятия.

Таблица 3 — Перечень параметров, используемых для описания общей характеристики промышленного предприятия

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Характеристика участка работы	5.2.7	Характеристика участка работы
Беспроводные сети связи	5.2.56	Перечень беспроводных решений (включая все параметры в соответствии с 6.5.2) на промышленном предприятии
Географические размеры промышленного предприятия	5.2.15	Географические размеры промышленного предприятия
Ограничение от соседних с промышленным предприятием объектов	5.2.19	Описание ограничений от соседних с промышленным предприятием объектов
Естественные климатические условия	5.2.26	Описание естественных климатических условий
Пользователи другой частоты	5.2.28	Перечень пользователей другой частоты, включая подробное описание
Условия распространения радиоволн	5.2.35	Описание условий распространения радиоволн
Местный регламент радиосвязи	5.2.39	Перечень актуальных местных регламентов радиосвязи
План будущего расширения	5.2.14	Описание возможных будущих расширений промышленного предприятия

Большинство параметрических значений могут быть предоставлены владельцем промышленного предприятия. Однако, для некоторых параметров требуется квалифицированная помощь со стороны экспертов в области радиосвязи. Если такую помощь невозможно получить внутри промышленного предприятия, настоятельно рекомендуется проконсультироваться у внешних экспертов.

Текстовые описания могут быть использованы для этих параметров, если невозможно предоставить качественное значение. В этих случаях текстовое описание должно быть как можно более точным. Такие описания можно подкрепить графическими данными и изображениями.

Может потребоваться и дополнительная информация.

Например, беспроводные сети могут быть отмечены с помощью идентификатора (маркировочной бирки) на основании этой дополнительной информации.

6.3 Требования приложения к связи

6.3.1 Общие положения

Требования приложения к связи в основном представляют собой количественные требования, определяющие необходимые условия и требуемые характеристики решений беспроводной связи на интерфейсе связи. Данные требования необходимо соблюдать для достижения цели приложения автоматизации.

По определению, совместимость — это состояние, в котором все приложения, использующие беспроводную связь, выполняют свои требования. Как правило, эти требования связаны с экономическими целями и, кроме того, учитывают ряд условий, таких как безопасность людей, эффективное использование ресурсов или опасные условия.

Для выполнения этих целей решение беспроводной связи должно отвечать требованиям приложения к связи с точки зрения надежности и способности работы в реальном времени, учитывая производственные условия и характеристики систем беспроводной связи, влияющие на эти требования.

Рисунок 24 показывает отношение между определением и характеристиками параметров в настоящем стандарте и его использование для описания требований приложения к связи в спецификации системы обеспечения совместимости.

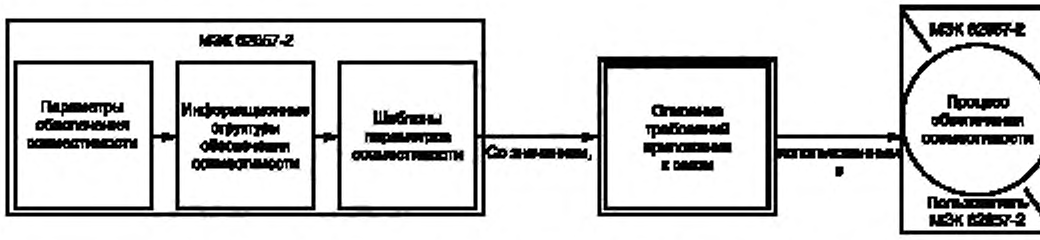


Рисунок 24 — Параметры для описания требований приложения к связи

Требования приложения к связи могут подразделяться на требования, которые влияют на поведение устройства или сети, и требования к производительности, которые должны соблюдаться решением беспроводной связи для обеспечения выполнения цели приложения автоматизации.

6.3.2 Требования, влияющие на характеристики беспроводных решений

Набор параметров, приведенных в таблице 4, являются требованиями приложения к связи, которые влияют на производительность решений беспроводной связи и, следовательно, состояние совместимости. Значения этих параметров необходимо получить.

Таблица 4 — Перечень параметров, используемых для описания требований, влияющих на характеристики беспроводных решений

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Загрузка линии связи	5.2.8	Необходимая загрузка линии связи
Начало процесса передачи данных	5.2.17	Необходимое начало процесса передачи данных
Длина пользовательских данных на интервал передачи	5.2.18	Необходимая длина пользовательских данных на интервал передачи
Местоположения беспроводных устройств и расстояния между ними	5.2.31	Необходимые местоположения беспроводных устройств и расстояния между ними
Цель приложения автоматизации	5.2.33	Описание цели приложения автоматизации

Окончание таблицы 4

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Относительное перемещение	5.2.40	Необходимое относительное перемещение
Необходимый уровень защиты	5.2.43	Необходимый уровень защиты
Территориальный охват беспроводной сети связи	5.2.44	Необходимый территориальный охват беспроводной сети связи
Интервал между посылками импульсов	5.2.49	Необходимый интервал между посылками импульсов
Беспроводные устройства	5.2.55	Необходимые беспроводные устройства

6.3.3 Требования к производительности

Требования к производительности описывают временную зависимость и ошибочное поведение, необходимое для достижения цели приложения автоматизации.

Набор параметров, представленных в таблице 5, должны быть использованы для описания требований к производительности.

Таблица 5 — Перечень параметров, используемых для описания требований к производительности

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Пропускная способность канала передачи данных	5.2.10	Необходимые значения пропускной способности канала передачи данных
Требования к надежности	5.2.41	Необходимые значения требований к надежности
Время передачи	5.2.50	Необходимые значения времени передачи
Время обновления данных	5.2.53	Необходимые значения времени обновления данных
Время реакции	5.2.42	Необходимые значения времени реакции

Как описано в 5.2, данные параметры являются случайными величинами. Данные параметры определяются в соответствии с их средним значением, перцентилем, допустимым отклонением или интервалом (джиттером).

6.4 Характеристика типа беспроводной системы и типа беспроводного устройства

6.4.1 Общие сведения

Подраздел 6.4 определяет набор параметров, которые характеризуют модель беспроводной системы связи или беспроводного устройства посредством предоставления параметров для определения типа системы беспроводной связи и типа беспроводного устройства.

Примечание — Данные параметры не относятся к конкретной реализации системы беспроводной связи или устройства; это называется решением беспроводной связи.

Дополнительная информация может быть полезной. Например, параметр в 5.2.27 может быть внесен в список.

Рисунок 25 показывает отношение между определением и характеристиками в настоящем стандарте и его использование в спецификации системы обеспечения совместимости.

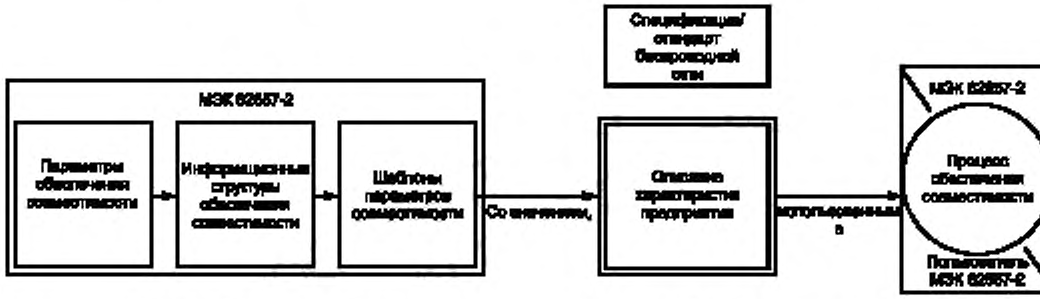


Рисунок 25 — Параметры для описания типа беспроводной сети и типа устройства

Почти все параметры указываются в стандартах и спецификациях систем беспроводной связи. Однако у какой-нибудь отдельно взятой беспроводной сети или устройства производительность может быть лучше или хуже, чем указано. Кроме того, в спецификациях иногда допускается диапазон значений для параметров. Значения и диапазоны значений параметров в таблице 6, таблице 7 и таблице 8 должны быть предоставлены вместе с самим оборудованием беспроводной связи. Ссылочную литературу можно использовать для параметров, значения которых или диапазоны значений которых можно найти в технических условиях или стандартах. Подраздел 6.4 различает общие параметры сети и параметры конкретного устройства.

6.4.2 Характеристика типа беспроводной системы

Тип системы беспроводной связи может быть охарактеризован, используя параметры, указанные в таблице 6.

Таблица 6 — Перечень параметров, используемых для описания типа беспроводной системы

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Беспроводная технология или стандарт	—	Ссылка на спецификацию или стандарт, которому соответствует система беспроводной связи
Местный регламент радиосвязи	5.2.39	Перечень местных регламентов радиосвязи, которым соответствует система беспроводной связи
Топология	—	Возможные реализуемые топологии
Беспроводные устройства	5.2.55	Максимально возможное число активных устройств
Элементы инфраструктуры	5.2.16	Возможные или необходимые элементы инфраструктуры
Центральная частота и Полоса пропускания или Центральная частота и Частота среза или Радиоканал	5.2.6, 5.2.4 или 5.2.6, 5.2.9 или 5.2.34	Центральные частоты и полосы пропускания, центральные частоты и частоты среза или радиоканалы, которые используются или которые могут быть выбраны
Алгоритм скачкообразной смены частоты	5.2.13	Возможные алгоритмы скачкообразной смены частоты
Модуляция	5.2.25	Возможные модуляции
Битовая скорость передачи данных физического канала	5.2.5	Возможные битовые скорости передачи данных физического канала
Интервал между посылками импульсов	5.2.49	Максимальная последовательность передатчика
Обрыв (пауза) передачи сигнала	5.2.48	Минимальный обрыв (пауза) передачи сигнала
Максимальное время выдержки	5.2.20	Максимальное время выдержки
Механизм управления доступом к среде передачи данных	5.2.24	Возможные механизмы управления доступом к среде передачи данных
Механизмы для адаптивности	5.2.23	Возможные механизмы для адаптивности
Необходимый уровень защиты	5.2.43	Функции обеспечения уровня защиты

6.4.3 Характеристика типа беспроводного устройства

6.4.3.1 Общие сведения

Параметры типа беспроводного устройства можно различить по параметрам передатчика и параметрам приемника.

Тип беспроводного устройства может характеризоваться спецификацией параметров передатчика и приемника. Для устройств, выполняющих функции как передачи, так и приема, должны быть указаны оба набора параметров.

6.4.3.2 Параметры передатчика

Излучаемая устройством спектральная энергия может быть измерена с помощью спектрального анализатора. Пример измерения показан на рисунке 26. Синяя линия изображает спектральную плотность мощности передатчика. Упрощенным представлением является спектральная маска передатчика, которая наложена на рисунке 26 (смотри красную линию).

Примечание — В зависимости от конкретной технологии или стандарта, используются разные параметры для описания частотного спектра и уровня мощности.



Обозначения:
- сплошная красная линия – спектральная маска;
- несплошная синяя линия — спектральная плотность мощности.

Рисунок 26 — Спектральная плотность мощности и спектральная маска передатчика системы DECT

В то время как частота и мощность первоначально определяется беспроводным устройством или беспроводной системой, использование спектра во времени также зависит от коммуникационных запросов приложения. На рисунке 27 отображен принцип использования среды передачи данных по времени и частоте. Его также можно записать с помощью спектрального анализатора. Желтый цвет на рисунке 27 показывает область центральных частот с наивысшим уровнем мощности. Относительные параметры описывают время передачи и время между двумя последовательными передачами. При определенных обстоятельствах представляет интерес тот факт, относится ли время к одному радиоканалу или к нескольким.

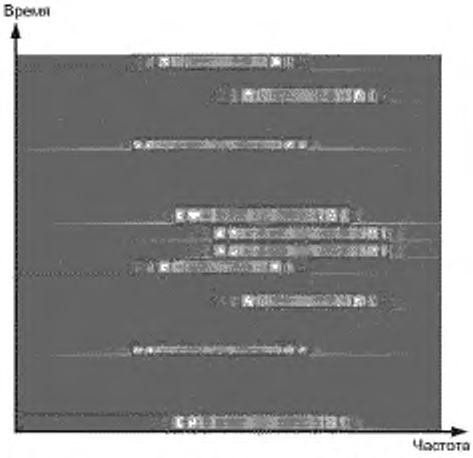


Рисунок 27 — Умеренное использование системы DECT по времени и частоте

Значения или диапазоны значений типа устройства могут быть лучше, чем значения, указанные для типа сети. Таким образом, параметры передатчика, представленные в таблице 7, должны быть использованы для того, чтобы охарактеризовать тип беспроводного устройства.

Таблица 7 — Перечень параметров, используемых для описания передатчика типа беспроводного устройства

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Беспроводные устройства	5.2.55	Модель беспроводного устройства
Тип антенны	5.2.52	Возможные типы антенн
Эффективная мощность излучения (EIRP, ERP)	5.2.12	Возможные значения эффективной мощности излучения
Общая мощность излучения (TRP)	5.2.47	Возможные значения общей мощности излучения
Спектральная плотность мощности сигнала	5.2.32	Описание спектральной плотности мощности
Радиоканал	5.2.34	Возможные центральные частоты и полосы пропускания, центральные частоты и частоты среза или радиоканалы
Интервал между посылками импульсов	5.2.49	Максимальное значение последовательности передатчика
Обрыв (пауза) передачи сигнала	5.2.48	Минимальное значение обрыва (паузы) передачи сигнала
Коэффициент заполнения	5.2.11	Максимальное значение коэффициента заполнения
Максимальное время выдержки	5.2.20	Максимальное значение времени выдержки

6.4.3.3 Параметры приемника

Параметры передатчика, представленные в таблице 8, должны быть использованы для того, чтобы охарактеризовать тип беспроводного устройства.

Таблица 8 — Перечень параметров, используемых для описания приемника типа беспроводного устройства

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Избирательность по соседнему каналу	5.2.1	Значение избирательности по соседнему каналу
Чувствительность приемника	5.2.38	Возможные значения чувствительности приемника

Окончание таблицы 8

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Максимальный уровень входного сигнала приемника	5.2.37	Значение максимального уровня входного сигнала приемника
Блокировка приемника	0	Значение блокировки приемника

6.5 Характеристика беспроводного решения связи

6.5.1 Общие сведения

В подразделе 6.5 приведены характеристики решений беспроводной связи, которые являются реализациями систем и устройств беспроводной связи. В отличие от описания типов сетей и устройств, здесь значения параметров относятся к определенной установке в пределах промышленного предприятия.

На рисунке 28 показана взаимосвязь между определением и спецификацией параметров в настоящем стандарте и их использование. На основании описания типа беспроводной системы конкретной сети или типа беспроводного устройства (см. 6.4), с учетом информационной структуры обеспечения совместимости и описания решения беспроводной связи, указанного в 6.5, можно дать описание решениям беспроводной сети связи и устройствам.

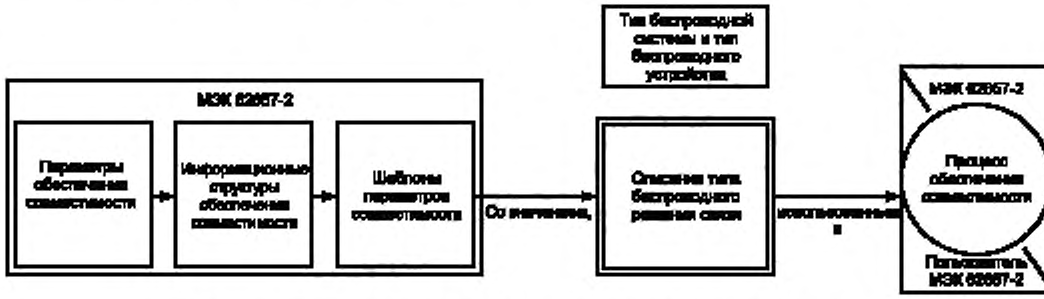


Рисунок 28 — Параметры для описания решения беспроводной связи

6.5.2 Характеристика беспроводного решения сети связи

Решение беспроводной сети связи должно быть охарактеризовано с помощью параметров, указанных в таблице 9, в дополнение к параметрам типа беспроводной системы связи и типа беспроводного устройства в соответствии с 6.4.

Таблица 9 — Перечень параметров, используемых для описания решения беспроводной сети

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Характеристика типа системы беспроводной связи	6.4.2	Ссылка на тип системы беспроводной связи, описанный с параметрами в соответствии с п. 6.4.2
Топология	0	Задействованные топологии
Беспроводные устройства	5.2.55	Число активных устройств
Элементы инфраструктуры	5.2.16	Число и тип задействованных элементов инфраструктуры
Центральная частота и Полоса пропускания или Центральная частота и Частота среза или Радиоканал	5.2.6, 5.2.4 или 5.2.6, 5.2.9 или 5.2.34	Настроенные центральные частоты и полосы пропускания, центральные частоты и частоты среза или радиоканалы
Алгоритм скачкообразной смены частоты	5.2.13	Настроенные алгоритмы скачкообразной смены частоты

Окончание таблицы 9

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Модуляция	5.2.25	Настроенные модуляции
Битовая скорость передачи данных физического канала	5.2.5	Настроенные битовые скорости передачи данных физического канала
Интервал между посылками импульсов	5.2.49	Максимальная последовательность передатчика
Обрыв (пауза) передачи сигнала	5.2.48	Минимальный обрыв (пауза) передачи сигнала
Максимальное время выдержки	5.2.20	Максимальное время выдержки
Механизм управления доступом к среде передачи данных	5.2.24	Настроенные механизмы управления доступом к среде передачи данных
Механизмы для адаптивности	5.2.23	Настроенные механизмы для адаптивности
Необходимый уровень защиты	5.2.43	Настроенные функции обеспечения уровня защиты

6.5.3 Характеристика решения устройств беспроводной связи

Решение беспроводного устройства должно быть охарактеризовано с помощью параметров, указанных в таблице 10, в дополнение к параметрам типа беспроводного устройства в соответствии с 6.4.3.

Таблица 10 — Перечень параметров, используемых для описания передатчика решения беспроводного устройства

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Характеристика типа системы беспроводной связи	6.4.2	Ссылка на тип системы беспроводной связи, описанный с параметрами в соответствии с 6.4.2
Характеристика типа устройств беспроводной связи	6.4.3	Ссылка на тип устройства беспроводной связи, описанный с параметрами в соответствии с 6.4.3
Тип антенны	5.2.52	Задействованные типы антенн
Эффективная мощность излучения (EIRP, ERP)	5.2.12	Настроенные значения эффективной мощности излучения
Общая мощность излучения (TRP)	5.2.47	Настроенные значения общей мощности излучения
Спектральная плотность мощности сигнала	5.2.32	Описание спектральной плотности мощности
Радиоканал	5.2.34	Настроенные центральные частоты и полосы пропускания, центральные частоты и частоты среза или радиоканалы
Интервал между посылками импульсов	5.2.49	Максимальное значение последовательности передатчика
Обрыв (пауза) передачи сигнала	5.2.48	Минимальное значение обрыва (паузы) передачи сигнала
Коэффициент заполнения	5.2.11	Максимальное значение коэффициента заполнения
Максимальное время выдержки	5.2.20	Максимальное значение времени выдержки

Параметры приемника устройства главным образом определяются типом беспроводного устройства. Только чувствительность приемника может быть настроена, см. таблицу 11.

Таблица 11 — Перечень параметров, используемых для описания приемника решения беспроводного устройства

Наименование параметра	Номер пункта	Содержание
Чувствительность приемника	5.2.38	Настроенные параметры чувствительности приемника

7 Процесс обеспечения совместимости

7.1 Общие положения

7.1.1 Общие положения

Процесс обеспечения совместимости представляет деятельность системы обеспечения совместимости.

Процесс обеспечения совместимости включает в себя организационно-технические мероприятия для обеспечения и поддержки состояния совместимости всех беспроводных решений на промышленном предприятии. Параметры совместимости, указанные в разделе 6, используются на разных этапах процесса обеспечения совместимости. Целостный процесс, начиная от принятия решения создать такой процесс, показан на рисунке 7. Процесс обеспечения совместимости состоит из следующих этапов:

- исследования (см. 7.4.1);
- планирования (см. 7.4.2);
- реализации (см. 7.4.3);
- эксплуатации (см. 7.4.4).

Примечание — Поскольку все эти этапы относятся к обеспечению совместимости, далее в тексте понятие «обеспечение совместимости» перед названиями этапов опускается.

К этапу исследования необходимо приступать при обнаружении изменений или когда установлена новая система беспроводной связи.

На этапе планирования разрабатывается или корректируется план распределения ресурсов на основании значений параметров совместимости.

На этапе реализации устанавливаются новые решения беспроводной связи и редактируются настройки существующих решений беспроводной связи в соответствии с планом распределения ресурсов.

На этапе эксплуатации осуществляется проверка состояния систем беспроводной связи с целью выявления проблем, связанных с совместимостью и изменением внешних условий.

На всех этапах необходимо учитывать местные и региональные вопросы нормативно-правового регулирования и удовлетворять их требованиям, например:

- в Европе — Директива об Оконечном радио- и телекоммуникационном оборудовании (R&TTE) [20] и гармонизированные стандарты, такие как ETSI EN 300 328 [13] (ETSI — Европейский институт стандартов по телекоммуникациям),

или

- в Корее — Корейское Исполнительное Постановление Закона о Регламенте Радиосвязи [19].

7.1.2 Документация (документирование)

Система обеспечения совместимости должна быть документально оформлена в спецификации системы обеспечения совместимости как часть процесса обеспечения совместимости.

Объем и содержание документации должны соответствовать классу приложения.

Ниже перечислены некоторые элементы, указанные в настоящем стандарте, которые должны являться частью спецификации системы обеспечения совместимости:

- объем (масштаб);
- ориентация организации (на обеспечение совместимости);
- порядок соблюдения спецификации системы обеспечения совместимости;
- структура организации;
- функциональные обязанности персонала;
- связь с внешними организациями;
- порядок обеспечения совместимости;
- визуализация риска возникновения конфликтов;
- занятость частотных диапазонов;
- расположение и координаты беспроводных приложений;
- результаты инвентаризации;
- привлечение внешних и внутренних поставщиков услуг;
- информация по беспроводным приложениям;
- результаты анализов и измерений;
- подробные сведения по установке и согласованию;
- создание каналов связи;

- создание комитета;
- введение обязательства регистрации систем беспроводной связи;
- разрешение или отклонение вновь зарегистрированных беспроводных приложений;
- управление документооборотом и согласование спецификаций;
- обучение;
- процедура аудита;
- результаты аудита;
- результаты анализа и метрологической экспертизы;
- план работ (рабочий план);
- общая характеристика промышленного предприятия;
- требования к автоматизации связи;
- тип беспроводной системы связи;
- тип беспроводного устройства связи;
- решение беспроводной сети связи;
- решение беспроводного устройства связи.

Частью спецификации системы обеспечения совместимости должны являться следующие документы:

- общая характеристика промышленного предприятия (см. 6.2 и таблицу 12);
- требования приложения к связи (см. 6.3 и таблицу 13);
  - требования, влияющие на характеристику беспроводных решений (см. 6.3.2);
  - требования к производительности (см. 6.3.3);
- система беспроводной связи (см. 6.4, 6.5);
- характеристика типа беспроводной системы связи и типа беспроводного устройства (см. 6.4);
  a) характеристика типа беспроводной системы связи (см. 6.4.2 и таблицу 14);
  b) характеристика типа беспроводных устройств (см. 6.4.3 и таблицу 15);
    i) параметры передатчика (см. 6.4.3.2);
    ii) параметры приемника (см. 6.4.3.3);
  - характеристика беспроводного решения связи (см. 6.5);
    a) характеристика беспроводного решения сети связи (см. 6.5.2 и таблицу 16);
    b) характеристика решения устройств беспроводной связи (см. 6.5.3 и таблицу 17);
- этап планирования (см. 7.4.2).

На рисунке 29 показана взаимосвязь документов в спецификации системы обеспечения совместимости. Рисунок 29 не требует от спецификации системы обеспечения совместимости конкретной структуры. Таблицы, указанные на рисунке 29, являются шаблонами, представленными в разделе 8. Указанные на рисунке 29 подпункты дают ссылку на соответствующие описания процесса обеспечения совместимости.

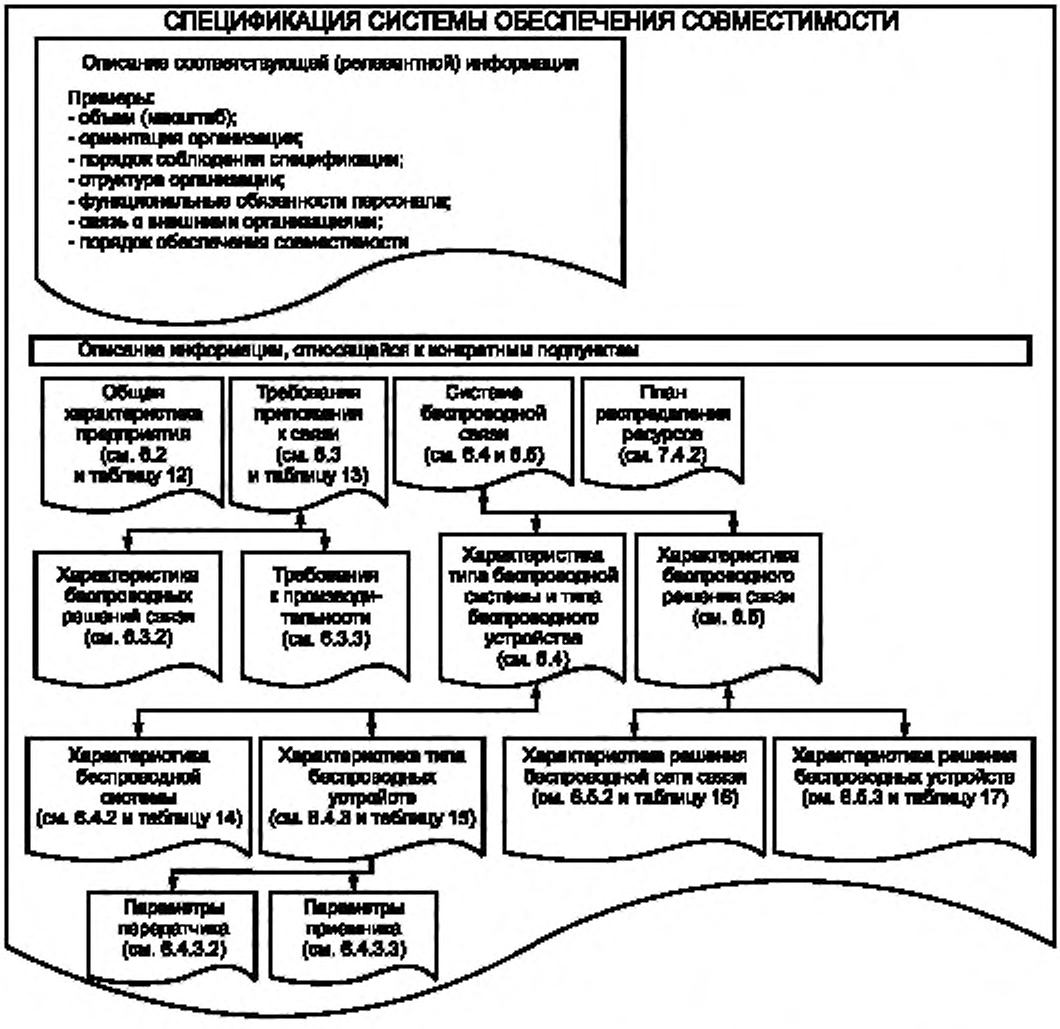


Рисунок 29 — Взаимосвязь документов в спецификации системы обеспечения совместимости

Рекомендуется обеспечивать документацию с помощью подходящего способа документирования. Требования к такому методу описаны в 7.1.3.

7.1.3 Подходящий способ документирования

Для эффективного осуществления обеспечения совместимости, связанного со сложностями положения на месте, рекомендуется использовать подходящий метод документирования. Документация должна включать в себя по меньшей мере следующее содержание и может быть управляема с помощью программных средств:

- хранение информации о многочисленных системах беспроводной связи и устройствах, включая информацию об их пространственном положении и радиопараметрах (например, в базе данных);
- проверка достоверности записанных данных;
- беспечение информации относительно статуса известных беспроводных приложений;
- доступ к документации и ее управлению для всех участвующих в проекте сторон (при необходимости даже для тех, которые расположены в других странах), требующих специальных разрешений на доступ;

- визуализация риска возникновения конфликтов и занятости частотных диапазонов в интуитивно понятной форме (для людей);
- опыт компании в обращении с беспроводными приложениями;
- дополнительно (по желанию) визуализация координат беспроводных приложений.

7.1.4 Использование инструментов

В помощь основным мерам управления радиочастотами могут идти подходящие инструменты.

7.2 Организация системы обеспечения совместимости

7.2.1 Назначение специалиста по обеспечению совместимости

Для эффективного контроля за процессом обеспечения совместимости необходимо назначить специалиста по обеспечению совместимости.

Настоящий стандарт описывает специалиста по обеспечению совместимости в качестве человека. Однако это не означает, что некоторые вспомогательные функции специалиста по обеспечению совместимости не могут быть закреплены за автоматизированным процессом, но окончательная ответственность за выполнение функций специалиста по обеспечению совместимости остается на человеке.

Необходимо назначить одно или более контактных лиц (специалистов по обеспечению совместимости). Зона ответственности специалиста по обеспечению совместимости должна быть определена в индивидуальном порядке для каждого предприятия. Таким образом, специалист по обеспечению совместимости может быть ответственным за всю компанию, за одно или несколько мест или за бизнес-подразделения и отделы, в зависимости от организации компании. Определяющим фактором является обеспечение эффективности процесса.

Каким бы ни был подход, принятый в определенной компании, он может рассматриваться как относящийся к одному из двух основных вариантов:

- основанному на актуальности (важности) проблемы;
- не зависящему от актуальности (важности) проблемы.

В первом случае специалист по обеспечению совместимости выбирается из отделов, больше всего страдающих от потенциально возможных конфликтов. Зачастую это отделы информационных технологий и автоматизации.

Во втором случае акцент делается на нейтральности ответственного отдела. Следовательно, специалист по обеспечению совместимости может быть выбран из отдела «организации производства», занимающегося управлением ресурсами компании, так как частотный спектр считается ограниченным и поэтому ценным ресурсом.

Внутренние процессы и организация компании являются определяющими факторами при каждой из двух стратегий. В каждом отдельном случае решение должно приниматься с учетом соответствующих условий. Здесь важно обеспечить эффективность процесса. Специалист по обеспечению совместимости должен обладать основными знаниями о приложениях автоматизации и характеристиках систем беспроводной связи. Специалист по обеспечению совместимости должен обладать полномочиями для принятия необходимых мер для выполнения поставленных задач.

7.2.2 Ответственность специалиста по обеспечению совместимости

Специалист по обеспечению совместимости несет ответственность за следующие мероприятия:

- создание каналов связи внутри компании;
- создание комитета, состоящего из контактных лиц всех отделов компании, использующих системы беспроводной связи;
- введение обязательства регистрации систем беспроводной связи в представляющем(их) интерес месте(ах) внутри компании;
- инвентаризация всех беспроводных приложений и, при необходимости, привлечение внешних и внутренних поставщиков услуг для выполнения инвентаризации;
- разрешение или отклонение вновь зарегистрированных беспроводных приложений и, где необходимо, формирование требований для использования беспроводных приложений на основании согласованных решений внутреннего комитета;
- разработка и согласование спецификаций и правил для реализации и эксплуатации беспроводных приложений;
- документирование информации об эксплуатируемых приложениях беспроводной связи, решениях комитета по обеспечению совместимости и проведенных экспериментах (если необходимо, привлечение внешних и внутренних поставщиков услуг для получения этих документов);
- обеспечение наличия комплекса мер с их обязательным выполнением для несанкционированного внедрения новых беспроводных приложений или решений.

7.2.3 Поддержка со стороны специалистов в области радиосвязи

Специалист по обеспечению совместимости должен обладать основными знаниями в области технологий радиосвязи и сопряженной электромагнитной совместимости. Специальные знания требуются для того, чтобы содействовать принятию квалифицированных решений относительно использования беспроводных приложений, которые влекут за собой значительные риски. Если специалист по обеспечению совместимости не обладает специальными знаниями, ему необходимо обратиться за помощью к специалисту в области радиосвязи.

Помощь специалиста в области радиосвязи требуется при выполнении следующих типичных задач:

- инвентаризация;
- анализ устойчивости радиосвязи;
- метрологическая экспертиза устойчивости радиосвязи;
- подготовка проекта решения по использованию технологий радиосвязи;
- определение стратегий использования технологий радиосвязи в будущем;
- контроль и следование согласованным спецификациям.

7.2.4 Обучение (тренинг)

Специалист по обеспечению совместимости и, при необходимости, другие члены комитета должны регулярно проходить обучение (тренинги). Это обучение (тренинг) предназначено для обновления знаний соответствующих лиц и сообщения следующей информации:

- необходимый профессиональный опыт (основы устойчивости радиосвязи);
- основные знания о современных технологиях радиосвязи;
- влияние возможных неисправностей (проблем) с практическими примерами;
- управление процессом обеспечения совместимости;
- имеющиеся инструменты и мониторинговые технологии.

Содержание обучения (тренинга) должно быть адаптировано к реальной ситуации в компании. В связи с чрезвычайно динамичным характером развития технологий, целесообразно организовывать эти тренинги на регулярной основе (например, раз в год или раз в два года).

7.3 Обслуживание системы обеспечения совместимости

Систему обеспечения совместимости необходимо должным образом обслуживать (поддерживать), чтобы она могла сохранить эти решения беспроводной связи в своих пределах в условиях совместимости даже после изменения требований и/или изменений окружающей среды.

Специалист по обеспечению совместимости в пределах организации, например, компании или больницы, должен отвечать за обслуживание (поддержание) системы обеспечения совместимости.

Документы в системе обеспечения должны быть изменены соответствующим образом в следующих случаях:

- когда обнаружена противоречивость (несогласованность) системы обеспечения совместимости;
- если изменилась организация.

Для проверки непротиворечивости (согласованности/целостности) системы обеспечения совместимости необходимо проводить аудит системы обеспечения совместимости.

7.4 Этапы осуществления процесса обеспечения совместимости

7.4.1 Этап исследования

7.4.1.1 Общие положения

К этапу исследования можно приступать в случае возникновения одного из следующих событий:

- при необходимости установить новую систему беспроводной связи или если планируется осуществить обновления/изменения уже имеющихся решений;
- при изменении среды беспроводной системы связи;
- при возникновении проблемы, связанной с совместимостью.

Исследование ставит своей целью:

- установить фактическое состояние в отношении работающих беспроводных приложений;
- определить свободные и занятые частотные ресурсы.

Исследование обеспечивает основу для обеспечения совместимости и является важным шагом в его реализации. Важнейшей предпосылкой для успешной реализации обеспечения совместимости является полнота и достоверность результатов исследования.

7.4.1.2 Практические советы по проведению исследования

7.4.1.2.1 Общие положения

В зависимости от приложения исследование может представлять собой сложную задачу, поэтому рекомендуется обращаться за помощью к опытным и квалифицированным специалистам в области радиосвязи.

Для эффективного выполнения исследования необходимо провести опрос в специализированных отделах (операторов и планировщиков промышленных предприятий и строительного оборудования), а также провести радиоизмерения.

Для исследования должны быть предоставлены соответствующие инструменты (например, специальные анкеты), позволяющие осуществлять регистрацию работающих систем беспроводной связи. Важно определить, какие ответственные стороны в компании способны предоставлять надежную и актуальную информацию. Для этого необходимо наличие взаимного согласия внутри комитета по обеспечению совместимости.

С учетом требований приложения (особенно в классах приложений «безопасности» для «управления», см. таблицу 1) исследование должно быть подкреплено измерениями. Эти измерения служат для подтверждения правдоподобности результатов опроса и, к тому же, для определения неизвестных и внешних беспроводных приложений (например, от соседних или внешних источников). Для того чтобы сократить усилия на проведение измерений, можно использовать результаты опроса в качестве входной информации (входных данных) для определения способа измерений. Рабочие процедуры также должны собирать информацию о времени работы систем беспроводной связи. Измерения должны проводиться в реальных условиях приложения.

Дополнительная информация может быть получена с помощью систем автоматического контроля. Некоторые современные системы беспроводной связи (например, беспроводные локальные вычислительные сети на основе контроллера) позволяют записывать информацию на каждую систему беспроводной связи. Более того, предлагаются системы радиоконтроля, которые автоматически собирают информацию о занятости частотного спектра. В контексте измерения, информация, полученная от этих систем, должна быть проанализирована или скорее даже проверена с метрологической точки зрения.

Если данные специальные знания не доступны внутри компании, то компании могут использовать внешних поставщиков услуг.

7.4.1.2.2 Выполнение метрологических исследований

Для определения метрологических характеристик совместимости могут быть использованы спектральные и протокольные анализаторы.

Протокольные анализаторы работают на базе конечного устройства или специального оборудования.

Протокольный анализатор на базе конечного устройства представляет собой программное решение, обрабатывающее информацию, записываемую конечным устройством (например, сетевой адаптер, специальное конечное устройство).

Протокольные анализаторы на базе специального оборудования представляют собой специальные системы измерения и контроля, прежде всего использующиеся большими системами для разработки оборудования, осуществления контроля и обнаружения неисправностей. Обычно эти устройства быстрее решений, работающих на базе конечного устройства. Они могут записывать и анализировать больше параметров, однако они значительно дороже и иногда их трудно транспортировать.

В качестве дополнительной функции, решения беспроводной связи могут в непрерывном режиме определять фактические значения параметров и предоставлять их приложению автоматизации.

Выбор инструмента для выполнения симуляций, измерения или испытания должны рассмотреть его пригодность для запланированного применения и его экономической эффективности. Выбор инструмента для проведения моделирования, измерений или испытаний должен учитывать его пригодность для запланированного приложения и его экономическую целесообразность.

7.4.1.2.3 Оценка совместимости

7.4.1.2.3.1 Цифровые беспроводные системы связи

Принятые здесь системы беспроводной связи являются системами с цифровой модуляцией и механизмами кодирования.

Обычно приложения промышленной автоматизации используют цифровые решения беспроводной связи. Совместимость имеет место, если все вовлеченные в процесс решения беспроводной связи отвечают требованиям связи своих приложений. Таким образом, для оценки совместимости требуются относящиеся к приложению метрические значения. Характеристические параметры, относящиеся

к интерфейсам связи решения беспроводной связи, должны быть получены из значений, представленных с характеристикой решения беспроводной связи в соответствии с подразделом 6.5.

7.4.1.2.3.2 Аналоговые беспроводные системы связи

Аналоговые системы беспроводной связи используются в основном для передачи видео- и речевой информации.

Решающим фактором для упорядоченного функционирования аналоговых систем является соблюдение необходимого соотношения сигнала к помехе или даже соотношения сигнала к (помехе + шуму). Несоблюдение этого соотношения приводит к снижению качества получаемого сигнала. В зависимости от переданной информации, в результате могут иметь место следующие негативные последствия:

- снижение качества речи в случае передачи речевых данных;
- снижение качества изображения в случае передачи изображения/видео.

Примечание — Необходимые значения соотношения сигнала к (помехе + шуму) варьируются приблизительно от 14 до 60 дБ. Их можно определить из соответствующих рекомендаций ITU (Международного союза телекоммуникаций) или ECO/CEPT (Ассоциации министерств связи и администраций сетей связи стран Европы), или из инструкции по эксплуатации устройства.

7.4.1.2.4 Анализ и измерение

В ходе реализации новой системы беспроводной связи или инвентаризации необходимо проанализировать риск возникновения конфликтов. Риск возникновения конфликтов следует анализировать в два этапа.

На первом этапе анализируют фактическое наличие интерференционных потенциалов, как описано в 4.4. Если существует риск возникновения конфликта между системами беспроводной связи, то на втором этапе должен быть проведен тщательный анализ. Специалист по обеспечению совместимости, а в случае необходимости совместно со специалистом в области радиосвязи, должен предварительно проанализировать риск возникновения конфликта.

На втором этапе проводят глубокий анализ, учитывая особенности систем беспроводной связи, радиосвязи и, если необходимо, приложения автоматизации и радиоэлементов. Данный анализ должен определить ожидаемые воздействия, степень риска возникновения помех и возможные профилактические меры, которые необходимо предпринимать для обеспечения совместимости.

Во многих случаях данный анализ окажется очень сложным, поэтому будет необходимо провести метрологическую экспертизу. В этом случае такой анализ служит для систематической подготовки метрологической экспертизы.

Метрологическая экспертиза должна определить, в какой мере соблюдаются требования к системе беспроводной связи и с какими воздействиями приходится сталкиваться. Результатом метрологической экспертизы является составление проекта решения для приложения системы беспроводной связи, который должен быть согласован комитетом по обеспечению совместимости. С этим соглашения решение беспроводной связи будет одобрено (при необходимости с требованиями) или отклонено.

Результаты анализа и метрологической экспертизы должны быть документально оформлены и доступны для проверки. Они могут быть в дальнейшем использованы в ходе обеспечения совместимости, например, при рассмотрении подобных ситуаций.

Метрологическая экспертиза может проводиться как в естественной среде, так и в лабораторных условиях. В данном контексте под лабораторными условиями подразумевают среду, в которой можно исследовать несколько практических ситуаций понятным и воспроизводимым (а при возможности унифицированным) способом.

Обычно предпочтение отдается исследованиям в реальной среде, потому что можно учитывать специфические для клиента реальности. Этого нельзя добиться при лабораторных исследованиях. Процесс измерения, который предстоит определить, должен имитировать типичные, возможные оперативные сценарии системы беспроводной связи и уже существующих систем беспроводной связи, учитывая особенности приложения автоматизации.

Параметры, которые предстоит определить, должны быть выбраны таким образом, чтобы позволить оценить, соблюдаются ли требования для беспроводной системы связи или нет. Кроме того, проведение экспертизы не должно мешать работе беспроводных приложений. Если по этой причине параметры в пользовательском интерфейсе, перечисленные в 7.4.1.2.3, невозможно определить в отдельных случаях, анализ может быть проведен с помощью специальных анализаторов протоколов

радиосвязи или соответствующих измерительных приборов (например, авария на промышленном предприятии, ошибка шины).

Реальные исследования в лабораторных условиях могут предоставить воспроизводимую и поэтому ценную информацию относительно реакции системы беспроводной связи на различные помехи. Данная информация может быть полезна для анализа совместимости и подготовки согласования. Результаты исследования могут быть предоставлены подрядчику вместе с документацией решения беспроводной связи.

Исследования в лабораторных условиях также могут быть полезны при подготовке реализации системы беспроводной связи в тех случаях, когда целевая среда еще пока недоступна (например, во время строительства нового производственного цеха).

Измерения могут быть также использованы в качестве примеров для проверки аналитических результатов, если анализ предполагает разрешение авторитетных заявлений для совместимости систем беспроводной связи. Метрологическая экспертиза также может быть использована в качестве основы для дальнейших анализов, например, для прогнозирования помех в случае растущего количества радиоэлементов.

7.4.2 Этап планирования

7.4.2.1 Общие положения

На этапе планирования разрабатывается или корректируется план распределения ресурсов на основе результатов уточненной инвентаризации.

План распределения ресурсов описывает способ выделения радиоресурса для каждого решения беспроводной связи.

План распределения ресурсов должен быть документально оформлен (задокументирован) надлежащим образом. Он должен быть рассмотрен комитетом по обеспечению совместимости и санкционирован (одобрен) специалистом по обеспечению совместимости.

7.4.2.2 Обеспечение совместимости на этапе планирования

На рисунке 30 показан подпроцесс рисунков 6 и 7. Рисунок 30 представляет обзор важных на этапе планирования решений и действий процесса обеспечения совместимости.

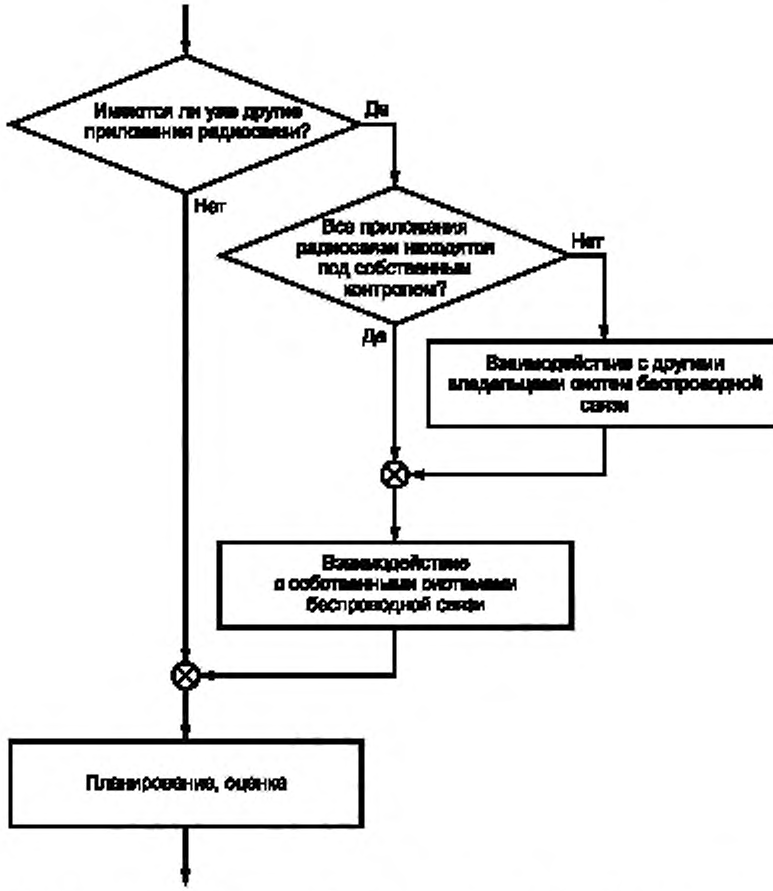


Рисунок 30 — Планирование беспроводной системы связи в процессе обеспечения совместимости

Даже если сейчас нет работающих беспроводных приложений, следовать учитывать, что беспроводные приложения могут появиться вслед за текущим планированием.

Если уже имеются работающие приложения беспроводной связи, необходимо установить, все ли они находятся под контролем специалиста по обеспечению совместимости. С одной стороны, это может быть излучение внешних систем; с другой стороны, это может быть, например, то, что существующие решения беспроводной связи или решения беспроводной связи классов критических приложений имеют приоритет и не могут быть изменены. В данных случаях необходимо принимать реальности и использовать оставшееся число степеней свободы (например, частота, время, пространство) для достижения совместимости. Проще, когда все приложения беспроводной связи находятся под чьим-то собственным контролем. Также лучше всего, если существующие или одновременно планируемые беспроводные приложения могут быть оптимизированы для совместной работы с точки зрения надежности радиосвязи.

7.4.2.3 Планирование радиочастотного поля

Для выполнения планирования радиочастотного поля рекомендуется использовать программные средства. Можно выделить следующие группы:

- специфические для системы программные средства;
- независимые от системы программные средства.

Специфическое для системы программное обеспечение (например, для IEEE 802.11 [14]) может учитывать несколько особенностей стандарта радиосвязи и облегчает измерение с конечным устройством.

Независимое от системы программное обеспечение обычно представляет собой программу, которая моделирует распространение радиоволн и, следовательно, может быть использована почти для любой системы. Однако моделировать можно только физические переменные (например, уровень сигнала или задержка распространения сигнала). Планировщик должен вывести специфические для объекта эксплуатации параметры из физических переменных.

В ходе реализации системы беспроводной связи следует осуществить планирование радиочастотного поля с помощью описанных программных продуктов.

Планирование (как минимум для безопасности и контроля классов приложений) следует выполнить с помощью измерений и моделирования. Моделирование в качестве поддержки при планировании является целесообразным, потому что точные измерения на большой территории очень трудоемки, и они часто представляют только снимок состояния/краткую характеристику (например, меняющейся обстановки, такой как высотные склады и производственные цеха) и редко создают возможность для оптимизации.

По возможности моделирование должно быть обусловлено измерениями. Планирование исключительно на основании моделирования целесообразно только в условиях среды, где выполнение измерений не представляется возможным (например, в еще непостроенных или необорудованных зданиях).

При планировании радиочастотного поля также необходимо учитывать другие приложения беспроводной связи.

В случае отсутствия достоверной информации относительно занятости частоты в соответствующем диапазоне и в непосредственной близости, следует провести анализ окружающей среды при каждом планировании. Для этой цели можно использовать спектральные и протокольные анализаторы. В случае применения спектрального анализатора следует использовать антенны с известными характеристиками направленности для определения абсолютных значений уровня.

7.4.2.4 Мероприятия по обеспечению совместимости

Мероприятия по обеспечению совместимости должны быть рассмотрены в плане распределения ресурсов.

7.4.3 Этап реализации

7.4.3.1 Общие положения

На этапе реализации устанавливаются новые решения беспроводной связи и изменяются настройки существующих решений беспроводной связи в соответствии с планом распределения ресурсов.

Распределение ресурсов радиосвязи достигается путем конфигурации настроек и параметров, связанных с использованием радиоресурса, для систем беспроводной связи.

Реализация должна быть подтверждена для того, чтобы убедиться в том, что план распределения ресурсов выполнен надлежащим образом.

7.4.3.2 Установка и согласование

Чтобы отвечать техническим требованиям обеспечения совместимости, принципиально важно обеспечить выполнение данных требований, когда рассматриваемая система беспроводной связи или другие приложения беспроводной связи установлены и введены в эксплуатацию. О данных требованиях необходимо сообщить выполняющим установку внутренним и внешним поставщикам услуг. Желательно выполнять требования обеспечения совместимости, к примеру, внутрифирменный регламент, по крайней мере, для сервисов, относящихся к производственному процессу или безопасности. При необходимости данные требования могут быть включены в рабочий план.

Проверка установки должна гарантировать то, что она (установка) выполнена в соответствии с планом распределения ресурсов, разработанным на этапе планирования, и техническими требованиями обеспечения совместимости. Помимо функциональных испытаний и визуального осмотра установки, надлежащий приемочный контроль должен как минимум подразумевать регистрацию соответствующих рабочих параметров системы и контроль частотных полос.

7.4.4 Этап эксплуатации

7.4.4.1 Общие положения

На этапе эксплуатации осуществляется текущий контроль за состоянием решений беспроводной связи с целью обнаружения проблем, связанных с совместимостью и изменениями окружающей среды.

Необходимо постоянно или на регулярной основе выполнять своего рода контроль с целью проверки состояния совместимости. Результаты должны записываться соответствующим образом.

При обнаружении перечисленных ниже событий необходимо приступать к этапу исследования:

- при возникновении проблемы, связанной с совместимостью,
- при необходимости установить новую систему беспроводной связи;
- при изменении среды беспроводной системы связи.

7.4.4.2 Обеспечение совместимости на этапе эксплуатации

На рисунке 31 представлена реализация и эксплуатация системы беспроводной связи в процессе обеспечения совместимости на этапе эксплуатации. После того как в результате планирования было выбрано решение беспроводной связи и создана совместимость, можно приступать к установке и вводу в эксплуатацию. Впоследствии все данные, имеющие отношение к совместимости, должны быть задокументированы.

Важной частью обеспечения совместимости во время эксплуатации является установление обязательства регистрации внутренних беспроводных приложений. Это применяется к отчету о помехах, а также информации о дальнейших запланированных беспроводных приложениях. Если планируется установка новых систем беспроводной связи, необходимо приступить к процессу выбора с дополнительным планированием и оценкой. В случае возникновения помех причины должны быть установлены с помощью измерений и анализов, и требуемая функция должна быть восстановлена.

Помехи в беспроводной связи становятся очевидными, когда оборудование перестает работать или не реагирует, как планировалось. Таких ситуаций следует избегать. Поэтому желательно осуществлять регулярный контроль за соблюдением технических требований обеспечения совместимости. Для этой цели может быть установлена автоматическая система постоянного наблюдения за частотным спектром, которая могла бы определять несоответствия, даже если работа оборудования пока еще не подверглась негативному воздействию. Кроме того, следует периодически проводить контрольные измерения с целью выявления отклонений в условиях распространения и существования пользователей других частот.

Специалист по обеспечению совместимости должен разработать план мероприятий, позволяющий быстро реагировать на события и приступать к выполнению необходимых действий без промедления.

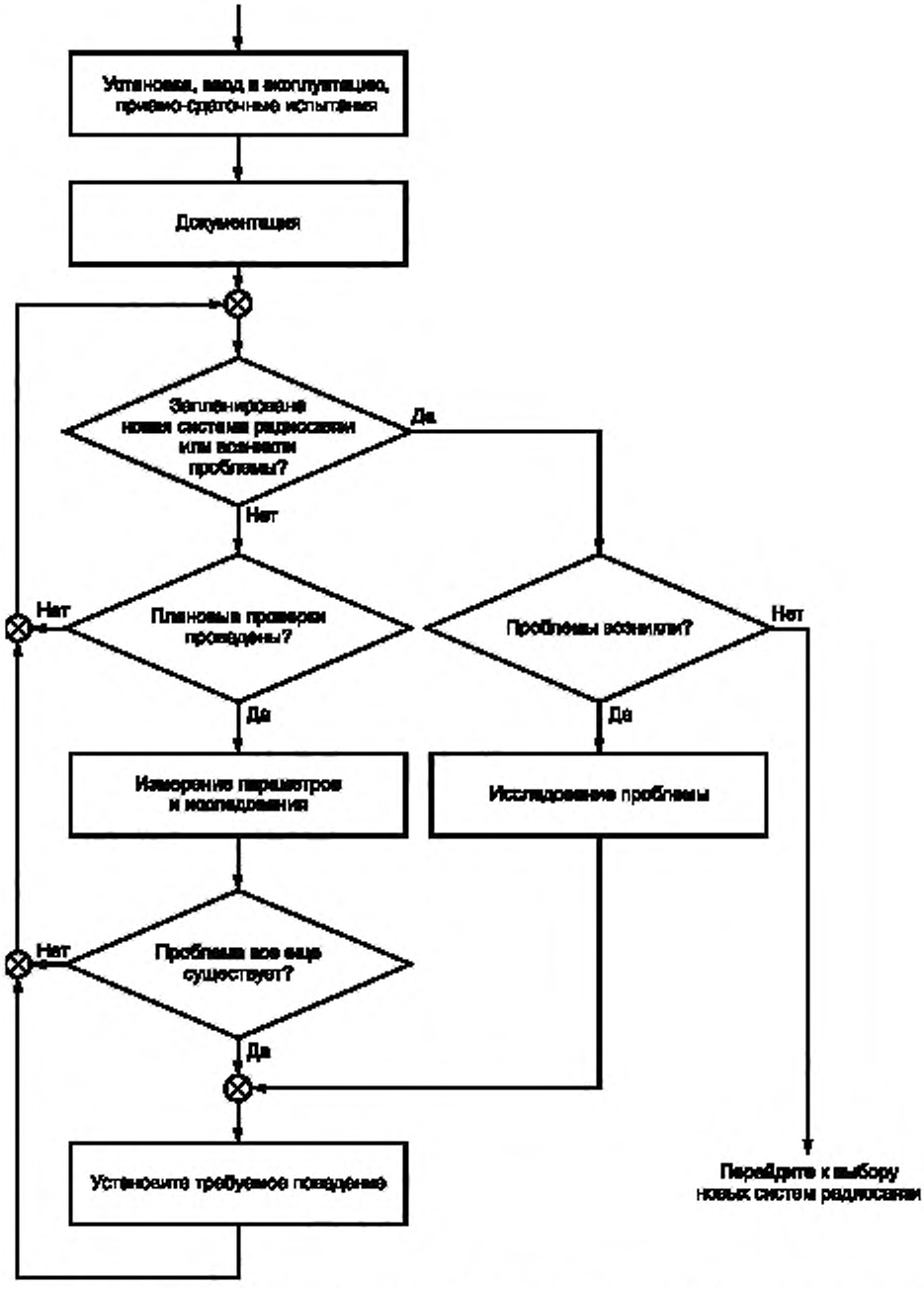


Рисунок 31 — Реализация и эксплуатация беспроводной системы связи в процессе обеспечения совместимости

Для этой цели специалист по обеспечению совместимости должен работать в тесном контакте с другими отделами компании, чтобы быть в курсе приобретения беспроводных приложений. Специалист по обеспечению совместимости должен их согласовать. Для приемки обеспечения совместимости важно внедрить процесс и включить его в состав внутреннего регламента.

8 Шаблоны параметров совместимости

В разделе 8 представлены шаблоны для параметров совместимости, определенных в разделе 5 и структурированных в разделе 6 с точки зрения обеспечения совместимости. Эти шаблоны должны быть использованы для того, чтобы собрать или предоставить необходимую информацию и тем самым содействовать процессу обеспечения совместимости.

Каждый параметр должен быть представлен следующими позициями, такими как: значение, единица (измерения), использование и комментарий, с помощью условных обозначений, рассмотренных в 3.3.

Из этих шаблонов может быть получен фактический экземпляр, скажем, с помощью печатной таблицы или эквивалентного описания на формальном языке. Процесс инстанциирования не рассматривается в настоящем стандарте. Шаблон — термин, используемый в настоящем стандарте, не требует какого-либо особого форматирования. Это означает, что форма таблицы шаблонов в настоящем стандарте может быть перенесена в любую другую форму, например в бумажную форму, в электронном виде или в качестве базы данных. Требование шаблона заключается в том, чтобы зарегистрированные параметры с соответствующими значениями или единицами, или прочей информацией присутствовали и были связаны вместе, как указано в шаблонах в настоящем стандарте, для формирования необходимой структуры.

Шаблон в таблице 12 должен быть использован для описания характеристики промышленного предприятия. Содержание подробно изложено в таблице 3.

Если параметр не содержит единицу измерения, тогда соответствующая ячейка должна быть с пометой «НЕ ПРИМЕНИМО».

Графа с пометой «Значение» может содержать перечень значений.

Таблица 12 — Шаблон, используемый для описания общей характеристики промышленного предприятия

Наименование параметра	Значение	Единица измерения	Использование	Комментарий
Характеристика участка				
Беспроводные сети связи				
Географические размеры промышленного предприятия				
Ограничение от соседних с промышленным предприятием объектов				
Естественные климатические условия				
Пользователи другой частоты				
Условия распространения радиоволн				
Местный регламент радиосвязи				
План будущего расширения				

Шаблон в таблице 13 должен быть использован для описания требований приложения к связи для каждой беспроводной сети связи. Содержание подробно изложено в таблицах 4 и 5.

Таблица 13 — Шаблон, используемый для описания требований приложения к связи

Наименование параметра	Значение	Единица измерения	Использование	Комментарий
Определяющие параметры				
Загрузка линии связи				
Начало процесса передачи данных				
Длина пользовательских данных на интервал передачи				

Окончание таблицы 13

Наименование параметра	Значение	Единица измерения	Использование	Комментарий
Местоположения беспроводных устройств и расстояния между ними				
Цель приложения автоматизации				
Относительное перемещение				
Необходимый уровень защиты				
Территориальный охват беспроводной сети связи				
Интервал передачи				
Беспроводные устройства				
Характеристические параметры				
Пропускная способность канала передачи данных				
Требуемая надежность				
Время передачи				
Время обновления данных				
Время реакции				

Шаблоны в таблицах 14 и 15 должны быть предоставлены вместе с решением беспроводной связи. Они описывают настройки системы или устройства беспроводной связи. Содержание таблицы 14 подробно изложено в таблице 6. Содержание таблицы 15 подробно изложено в таблицах 7 и 8.

Таблица 14 — Шаблон, используемый для описания типа беспроводной системы связи

Наименование параметра	Значение	Единица измерения	Использование	Комментарий
Беспроводная технология или стандарт				
Местный регламент радиосвязи				
Топология				
Беспроводные устройства				
Элементы инфраструктуры				
Центральная частота и Полоса пропускания или Центральная частота и Частота среза, или Радиоканал				
Алгоритм скачкообразной смены частоты				
Модуляция				
Битовая скорость передачи данных физического канала				
Интервал между посылками импульсов				
Обрыв (пауза) передачи сигнала				
Максимальное время выдержки				
Механизм управления доступом к среде передачи данных				
Механизмы для адаптивности				
Необходимый уровень защиты				

Таблица 15 — Шаблон, используемый для описания типа беспроводного устройства

Наименование параметра	Значение	Единица измерения	Использование	Комментарий
Передатчик				
Беспроводные устройства				
Тип антенны				
Эффективная мощность излучения (EIRP, ERP)				
Общая мощность излучения (TRP)				
Спектральная плотность мощности сигнала				
Радиоканал				
Интервал между посылками импульсов				
Обрыв (пауза) передачи сигнала				
Коэффициент заполнения				
Максимальное время выдержки				
Приемник				
Избирательность по соседнему каналу				
Чувствительность приемника				
Максимальный уровень входного сигнала приемника				
Блокировка приемника				

Шаблоны в таблицах 16 и 17 должны быть использованы для документирования текущей конфигурации (настройки) каждого реализованного решения беспроводной связи. Содержание таблицы 16 подробно изложено в таблице 9. Содержание таблицы 17 подробно изложено в таблицах 7 и 8.

Таблица 16 — Шаблон, используемый для описания решения беспроводной сети

Наименование параметра	Значение	Единица измерения	Использование	Комментарий
Тип беспроводной системы				
Топология				
Беспроводные устройства				
Элементы инфраструктуры				
Центральная частота и Полоса пропускания или Центральная частота и Частота среза, или Радиоканал				
Алгоритм скачкообразной смены частоты				
Модуляция				
Битовая скорость передачи данных физического канала				
Интервал между посылками импульсов				
Обрыв (пауза) передачи сигнала				
Максимальное время выдержки				
Механизм управления доступом к среде передачи данных				

Окончание таблицы 16

Наименование параметра	Значение	Единица измерения	Использование	Комментарий
Механизмы для адаптивности				
Необходимый уровень защиты				

Таблица 17 — Шаблон, используемый для описания решения беспроводного устройства

Наименование параметра	Значение	Единица измерения	Использование	Комментарий
Передатчик				
Беспроводные устройства				
Тип антенны				
Эффективная мощность излучения (EIRP, ERP)				
Общая мощность излучения (TRP)				
Спектральная плотность мощности сигнала				
Радиоканал				
Интервал между посылками импульсов				
Обрыв (пауза) передачи сигнала				
Коэффициент заполнения				
Максимальное время выдержки				
Приемник				
Избирательность по соседнему каналу				
Чувствительность приемника				
Максимальный уровень входного сигнала приемника				
Блокировка приемника				

Примечание — Содержание шаблонов может быть использовано в качестве области определений параметров в МЭК 61360 [2]

Библиография

[1] IEC 60050 (all parts), International Electrotechnical Vocabulary, available at <http://www.electropedia.org/>
[2] IEC 61360 (all parts), Standard data elements types with associated classification scheme for electric items
[3] IEC 61784-13, Industrial communication networks — Profiles — Part 1: Fieldbus profiles
[4] IEC 61784-23, Industrial communication networks — Profiles — Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3
[5] IEC 62278:2002, Railway applications — Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)
[6] IEC 62591, Industrial communication networks — Wireless communication network and communication profiles — WirelessHART™
[7] IEC 62601, Industrial communication networks — Fieldbus Specifications — WIA-PA communication network and communication profile
[8] IEC/TS 62657-1[1)], Industrial networks — Wireless communication network — Wireless communication requirements and spectrum considerations
[9] IEC/PAS 62734, Industrial communication networks — Fieldbus specifications — Wireless systems for industrial automation: Process control and related applications (based on ISA 100.11a)
[10] ISO 5807, Information processing — Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts
[11] ITU-R BS.561-2 (07/86), Definitions of radiation in LF, MF and HF broadcasting bands [cited 2013-04-26], available from Internet: <gost.e-ecolog.ru >
[12] ETSI TR 100 027, V1.2.1 (1999-12), Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Methods of measurement for private mobile radio equipment
[13] ETSI EN 300 328 V1.8.1 (2012), Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering essential requirements under Article 3.2 of the R&TTE Directive
[14] IEEE 802.3, IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements — Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications
[15] IEEE 802.11, IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
[16] IEEE 802.15.1:2005, IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements — Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)
[17] IEEE 802.15.2:2003, IEEE Recommended Practice for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements — Part 15.2: Coexistence of Wireless Personal Area Networks with Other Wireless Devices Operating in Unlicensed Frequency Bands
[18] IEEE 802.15.4, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks — Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)
[19] Federal Standard 1037C, Telecommunications: Glossary of Telecommunication Terms. 07 August 1996
[20] European Commission (EC) directive 1999/5/EC, Radio equipment and telecommunication terminal equipment (R&TTE) [cited 2013-04-26], available from Internet: <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/rtte/index_en.htm>
[21] Korean Enforcement Decree of the Radio Regulation Law, article 18 [cited 2013-04-26], available in Korean from Internet: <http://law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=25943#0000>
[22] ZVEI, Frankfurt, Germany, April 2009, Coexistence of Wireless Systems in Automation Technology — Explanations on reliable parallel operation of wireless communication solutions

[1)] In preparation and is circulated concurrently with this document.

УДК 004.056.5:006.354 ОКС 25.040.40, 33.040, 35.110 IDT

Ключевые слова: беспроводные сети связи, обеспечение совместимости, интерференционный потенциал, беспроводная связь, параметры обеспечения совместимости, система обеспечения совместимости, информационные структуры обеспечения совместимости, процесс обеспечения совместимости, шаблоны параметров совместимости

Редактор *Л.А. Кудрявцева*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 06.06.2016. Подписано в печать 27.06.2016. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 7,91. Уч.-изд. л. 6,35 Тираж 29 экз. Зак. 1580.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru