К вопросу о технологии беспроводной передачи данных для построения линии связи теледиагностического комплекса

**Человек:** В статье приводится исследование существующих и развивающихся технологий беспроводной передачи данных для построения линии связи теледиагностического комплекса, на примере киберфизической системы производства АО "Диаконт". Представлены достоинства и недостатки, проведена оценка эффективности внедрения технологии. Актуальность исследования заключается в анализе перспектив и недостатков применения беспроводной связи, что даст возможность увеличить скорость передачи данных и увеличить дальности проведения диагностики от места загрузки за счет уменьшения веса соединительного кабеля. Методы анализа: теоретический анализ существующих разработок в области внедрения беспроводной связи в киберфизические теледиагностические системы, используемые для контроля состояния трубопроводов Модификация робота под беспроводную передачу данных основывается на закреплении мостов и антенн на ВСД (взрывобезопасное средство доставки) и на срез трубы (место загрузки). Модификация ВСД заключается в корректировке конструкции, схемотехники и программного обеспечения. Необходима разработка новой крышки БПС (блока преобразования сигналов) с высокочастотными разъемами и новой крышки-антенны на БД (блок драйверов).Теоретически существуют технологии, позволяющие перейти на беспроводную передачу данных внутри комплекса для проведения внутритрубной диагностики. Основным вопросом на сегодняшний день остается вопрос электромагнитной совместимости и помехоустойчивости. Для этого необходима закупка оборудования под каждый стандарт в отдельности и проведение испытаний на электромагнитную совместимость, пропускную способность, радиус действия и др.

**Key words:** беспроводная передача данных, киберфизическая система, теледиагностический комплекс, Wi-Fi, 5G, роботизированная система, внутритрубная диагностика, неразрушающий контроль, динамическая передача данных, передача данных

=================================

**FastText\_KMeans\_Clean:** Одним из направлений деятельности является разработка киберфизических систем для внутритрубной диагностики. Связь между киберфизической системой и системой управления осуществляется по кабелю, что позволяет получать информацию в интерактивном режиме о расположении ВСД внутри трубопровода, включая определение линейной координаты, крена, дифферента, информацию с узла ротации по угловой координате расположения диагностического модуля, а также обеспечивать передачу данных и команд управления, передачу питающих напряжений и в случае нештатных ситуаций провести аварийное извлечение. - Устойчивостью к радиочастотному электромагнитному полю по ГОСТ Р 30804.4.3. Должна быть обеспечена работоспособность в обстановке, характеризующейся высоким уровнем электромагнитных излучений и удовлетворяющей 3 степени жёсткости испытаний, относящихся к защите от излучений источников общего применения, цифровых радиотелефонов и других радиочастотных излучающих устройств. Пропускная способность. до 300 Мбит/с (в перспективе до 600 Мбит/с). - корректировка схемотехники,.

**Key words part:** 0.7241379310344828

=================================

**FastText\_KMeans\_Raw/:** Научная новизна исследования заключается в предложенной модели функционирования киберфизической системы, позволяющей использовать беспроводную передачу данных. - Устойчивостью к воздействию провалов, кратковременных прерываний и изменения напряжения электропитания по ГОСТ Р 30804.4.11. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке 1 класса и защита от помех с помощью систем бесперебойного питания (СБП). Пропускная способность. до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц.

**Key words part:** 0.6896551724137931

=================================

**FastText\_PageRank\_Clean/:** Таблица 1 – Стандарты, удовлетворяющие требованиям поставленной задачи. Пропускная способность. до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц. до 300 Мбит/с (в перспективе до 600 Мбит/с). 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц. до 1 Гбит/с. до 300 метров. - корректировка схемотехники,. - разработка программного обеспечения,.

**Key words part:** 0.3448275862068966

=================================

**FastText\_PageRank\_Raw/:** Пропускная способность. до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц. до 300 Мбит/с (в перспективе до 600 Мбит/с). 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц. до 1 Гбит/с. до 300 метров. Можно выделить дальнейшие этапы модернизации системы:. - корректировка схемотехники,. - разработка программного обеспечения,.

**Key words part:** 0.4137931034482759

=================================

**Mixed\_ML\_TR/:** В ходе данного исследования рассмотрена возможность модернизации киберфизической системы в направлении беспроводной передачи данных. Комплекс для проведения внутритрубной диагностики состоит из взрывобезопасного средства доставки (ВСД), сменных диагностических модулей и системы управления. Актуальность исследования заключается в анализе перспектив и недостатков применения беспроводной связи, что даст возможность увеличить скорость передачи данных и увеличить дальности проведения диагностики от места загрузки за счет уменьшения веса соединительного кабеля [5-9]. - Устойчивостью к наносекундным импульсным помехам по ГОСТ Р 51317.4.4. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке, удовлетворяющей 1 степени жесткости испытаний. Должна быть обеспечена работоспособность в обстановке, характеризующейся высоким уровнем электромагнитных излучений и удовлетворяющей 3 степени жёсткости испытаний, относящихся к помехоустойчивости при воздействии кондуктивных помех, наводимых излучениями радиопередающих устройств. до 300 Мбит/с (в перспективе до 600 Мбит/с). По стандарту 802.11n устройства могут использовать диапазоны 2,4 или 5 ГГц, что повышает надёжность связи, уменьшая влияние радиочастотных помех. Теоретически существуют технологии, позволяющие перейти на беспроводную передачу данных внутри комплекса для проведения внутритрубной диагностики.

**Key words part:** 0.7931034482758621

=================================

**MultiLingual\_KMeans/:** В ходе данного исследования рассмотрена возможность модернизации киберфизической системы в направлении беспроводной передачи данных. Комплекс для проведения внутритрубной диагностики состоит из взрывобезопасного средства доставки (ВСД), сменных диагностических модулей и системы управления. Пропускная способность линии связи должна обеспечивать передачу данных и команд управления в интерактивном режиме без потерь, качественно ухудшающих результаты контроля. Должна быть обеспечена работоспособность в обстановке, характеризующейся высоким уровнем электромагнитных излучений и удовлетворяющей 3 степени жёсткости испытаний, относящихся к помехоустойчивости при воздействии кондуктивных помех, наводимых излучениями радиопередающих устройств. В настоящее время информация передается по технологии доступа VDSL2, используя существующие медные провода кабеля соединительного К-С-ВСД. до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц. Можно выделить дальнейшие этапы модернизации системы:. Сеть 5G обещает высокую стабильность и скорость соединения, однако ее придется еще подождать.

**Key words part:** 0.8275862068965517

=================================

**Multilingual\_PageRank/:** В отличие от традиционных методов обследования, внутритрубная диагностика не требует вскрытия подземной части трубопровода и демонтажа конструкций. до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц. до 300 Мбит/с (в перспективе до 600 Мбит/с). 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц. до 1 Гбит/с. до 300 метров. - разработка программного обеспечения,. Помимо рассмотренных технологий, интересной представляется технология 5G, которая на данный момент находится в стадии разработки. Сеть 5G обещает высокую стабильность и скорость соединения, однако ее придется еще подождать.

**Key words part:** 0.4137931034482759

=================================

**RuBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** Актуальность исследования заключается в анализе перспектив и недостатков применения беспроводной связи, что даст возможность увеличить скорость передачи данных и увеличить дальности проведения диагностики от места загрузки за счет уменьшения веса соединительного кабеля [5-9]. - Устойчивостью к воздействию провалов, кратковременных прерываний и изменения напряжения электропитания по ГОСТ Р 30804.4.11. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке 1 класса и защита от помех с помощью систем бесперебойного питания (СБП). до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приёмником.

**Key words part:** 0.6896551724137931

=================================

**RuBERT\_KMeans\_With\_ST/:** Одним из направлений деятельности является разработка киберфизических систем для внутритрубной диагностики. Связь между киберфизической системой и системой управления осуществляется по кабелю, что позволяет получать информацию в интерактивном режиме о расположении ВСД внутри трубопровода, включая определение линейной координаты, крена, дифферента, информацию с узла ротации по угловой координате расположения диагностического модуля, а также обеспечивать передачу данных и команд управления, передачу питающих напряжений и в случае нештатных ситуаций провести аварийное извлечение. Научная новизна исследования заключается в предложенной модели функционирования киберфизической системы, позволяющей использовать беспроводную передачу данных. ТДК и его составные части должны обладать следующими видами устойчивости к воздействию помех согласно ГОСТ Р 51317.4.1 [1]:. 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц. до 1 Гбит/с. до 300 метров. Стандарт 802.11ac обеспечивает передачу данных без задержек и на высокой скорости.

**Key words part:** 0.7586206896551724

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Таблица 1 – Стандарты, удовлетворяющие требованиям поставленной задачи. до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц. до 300 Мбит/с (в перспективе до 600 Мбит/с). 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц. Основным отличием Wi-Fi от WiMAX является радиус действия.

**Key words part:** 0.3793103448275862

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** Пропускная способность. до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц. 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц. до 1 Гбит/с. до 300 метров. - разработка программного обеспечения,.

**Key words part:** 0.3448275862068966

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** Связь между киберфизической системой и системой управления осуществляется по кабелю, что позволяет получать информацию в интерактивном режиме о расположении ВСД внутри трубопровода, включая определение линейной координаты, крена, дифферента, информацию с узла ротации по угловой координате расположения диагностического модуля, а также обеспечивать передачу данных и команд управления, передачу питающих напряжений и в случае нештатных ситуаций провести аварийное извлечение. - Устойчивостью к воздействию провалов, кратковременных прерываний и изменения напряжения электропитания по ГОСТ Р 30804.4.11. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке 1 класса и защита от помех с помощью систем бесперебойного питания (СБП). В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приёмником. Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 140 Мбит/c. - корректировка схемотехники,.

**Key words part:** 0.6551724137931034

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_With\_ST/:** В ходе данного исследования рассмотрена возможность модернизации киберфизической системы в направлении беспроводной передачи данных. - Устойчивостью к наносекундным импульсным помехам по ГОСТ Р 51317.4.4. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке, удовлетворяющей 1 степени жесткости испытаний. Не смотря на то, что VDSL2 является новейшим стандартом xDSL широкополосных проводных коммуникаций, скорость передачи информации не позволяет в полной степени эксплуатировать существующее оборудование и проводить модернизацию. до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц. При этом, по крайней мере одна базовая станция подключается к сети провайдера с использованием классических проводных соединений. Помимо рассмотренных технологий, интересной представляется технология 5G, которая на данный момент находится в стадии разработки.

**Key words part:** 0.6896551724137931

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** В отличие от традиционных методов обследования, внутритрубная диагностика не требует вскрытия подземной части трубопровода и демонтажа конструкций. Пропускная способность. 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приёмником. - разработка программного обеспечения,.

**Key words part:** 0.5172413793103449

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** В отличие от традиционных методов обследования, внутритрубная диагностика не требует вскрытия подземной части трубопровода и демонтажа конструкций. Таблица 1 – Стандарты, удовлетворяющие требованиям поставленной задачи. Пропускная способность. до 300 Мбит/с (в перспективе до 600 Мбит/с). 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц.

**Key words part:** 0.4137931034482759

=================================

**Simple\_PageRank/:** Пропускная способность линии связи должна обеспечивать передачу данных и команд управления в интерактивном режиме без потерь, качественно ухудшающих результаты контроля. - Устойчивостью к воздействию провалов, кратковременных прерываний и изменения напряжения электропитания по ГОСТ Р 30804.4.11. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке 1 класса и защита от помех с помощью систем бесперебойного питания (СБП). - Устойчивостью к радиочастотному электромагнитному полю по ГОСТ Р 30804.4.3. Должна быть обеспечена работоспособность в обстановке, характеризующейся высоким уровнем электромагнитных излучений и удовлетворяющей 3 степени жёсткости испытаний, относящихся к защите от излучений источников общего применения, цифровых радиотелефонов и других радиочастотных излучающих устройств. В связи с этим, целесообразно перейти на беспроводную технологию передачи данных, при этом передачу питающих напряжений оставив в кабеле соединительном, отказавшись от бортового аккумуляторного питания и не усложняя аварийное извлечение из трубопровода. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приёмником. Для этого необходима закупка оборудования под каждый стандарт в отдельности и проведение испытаний на электромагнитную совместимость, пропускную способность, радиус действия и др.

**Key words part:** 0.6896551724137931

=================================

**TextRank/:** В ходе данного исследования рассмотрена возможность модернизации киберфизической системы в направлении беспроводной передачи данных. Связь между киберфизической системой и системой управления осуществляется по кабелю, что позволяет получать информацию в интерактивном режиме о расположении ВСД внутри трубопровода, включая определение линейной координаты, крена, дифферента, информацию с узла ротации по угловой координате расположения диагностического модуля, а также обеспечивать передачу данных и команд управления, передачу питающих напряжений и в случае нештатных ситуаций провести аварийное извлечение. Актуальность исследования заключается в анализе перспектив и недостатков применения беспроводной связи, что даст возможность увеличить скорость передачи данных и увеличить дальности проведения диагностики от места загрузки за счет уменьшения веса соединительного кабеля [5-9]. Научная новизна исследования заключается в предложенной модели функционирования киберфизической системы, позволяющей использовать беспроводную передачу данных. - Устойчивостью к наносекундным импульсным помехам по ГОСТ Р 51317.4.4. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке, удовлетворяющей 1 степени жесткости испытаний. - Устойчивостью к радиочастотному электромагнитному полю по ГОСТ Р 30804.4.3. Должна быть обеспечена работоспособность в обстановке, характеризующейся высоким уровнем электромагнитных излучений и удовлетворяющей 3 степени жёсткости испытаний, относящихся к защите от излучений источников общего применения, цифровых радиотелефонов и других радиочастотных излучающих устройств.

**Key words part:** 0.7241379310344828

=================================

**TF-IDF\_KMeans/:** Одним из направлений деятельности является разработка киберфизических систем для внутритрубной диагностики. Рисунок 1– Модель киберфизической системы контроля трубопровода АО "Диаконт". Пропускная способность линии связи должна обеспечивать передачу данных и команд управления в интерактивном режиме без потерь, качественно ухудшающих результаты контроля. - Устойчивостью к наносекундным импульсным помехам по ГОСТ Р 51317.4.4. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке, удовлетворяющей 1 степени жесткости испытаний. до 300 Мбит/с (в перспективе до 600 Мбит/с). Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 140 Мбит/c. По стандарту 802.11n устройства могут использовать диапазоны 2,4 или 5 ГГц, что повышает надёжность связи, уменьшая влияние радиочастотных помех. Теоретически существуют технологии, позволяющие перейти на беспроводную передачу данных внутри комплекса для проведения внутритрубной диагностики.

**Key words part:** 0.8275862068965517

=================================

**Текст:** АО «Диаконт» более двадцати лет разрабатывает уникальные инновационные решения для повышения безопасности и эффективности в наукоемких отраслях. Одним из направлений деятельности является разработка киберфизических систем для внутритрубной диагностики. В отличие от традиционных методов обследования, внутритрубная диагностика не требует вскрытия подземной части трубопровода и демонтажа конструкций. На данный момент актуальной представляется задача модификации существующей системы с целью облегчения конструкции, а именно отказ от проводной передачи данных и установка на робота аккумуляторных батарей. В ходе данного исследования рассмотрена возможность модернизации киберфизической системы в направлении беспроводной передачи данных.. Комплекс для проведения внутритрубной диагностики состоит из взрывобезопасного средства доставки (ВСД), сменных диагностических модулей и системы управления. Связь между киберфизической системой и системой управления осуществляется по кабелю, что позволяет получать информацию в интерактивном режиме о расположении ВСД внутри трубопровода, включая определение линейной координаты, крена, дифферента, информацию с узла ротации по угловой координате расположения диагностического модуля, а также обеспечивать передачу данных и команд управления, передачу питающих напряжений и в случае нештатных ситуаций провести аварийное извлечение. Актуальность исследования заключается в анализе перспектив и недостатков применения беспроводной связи, что даст возможность увеличить скорость передачи данных и увеличить дальности проведения диагностики от места загрузки за счет уменьшения веса соединительного кабеля [5-9].. Целью данного исследования является проведение аналитического обзора существующих технических решений осуществления беспроводной передачи данных.. Линия связи должна обеспечивать возможность дистанционного управления оборудованием передающей части (теледиагностического комплекса) ТДК на расстоянии не менее 400 м, гарантировать отсутствие искажений сигналов, стабильность электрических параметров и защищенность цепей от взаимных и внутренних помех.. . Рисунок 1– Модель киберфизической системы контроля трубопровода АО «Диаконт». Научная новизна исследования заключается в предложенной модели функционирования киберфизической системы, позволяющей использовать беспроводную передачу данных.. Пропускная способность линии связи должна обеспечивать передачу данных и команд управления в интерактивном режиме без потерь, качественно ухудшающих результаты контроля.. ТДК и его составные части должны обладать следующими видами устойчивости к воздействию помех согласно ГОСТ Р 51317.4.1 [1]:. - Устойчивостью к наносекундным импульсным помехам по ГОСТ Р 51317.4.4.. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке, удовлетворяющей 1 степени жесткости испытаний.. - Устойчивостью к микросекундным импульсным помехам большой энергии по ГОСТ Р 51317.4.5. Должна быть обеспечена работоспособность в 3 классе условий эксплуатации, удовлетворяющей 2 степени жесткости испытаний по схеме «провод-провод» и 3 степени жесткости испытаний по схеме «провод-земля».. - Устойчивостью к воздействию провалов, кратковременных прерываний и изменения напряжения электропитания по ГОСТ Р 30804.4.11.. Должна быть обеспечена работоспособность в электромагнитной обстановке 1 класса и защита от помех с помощью систем бесперебойного питания (СБП).. - Устойчивостью к электростатическим разрядам по ГОСТ Р 30804.4.2.. Должна быть обеспечена работоспособность, удовлетворяющая 1 степени жёсткости испытаний методом контактного электростатического разряда.. - Устойчивостью к радиочастотному электромагнитному полю по ГОСТ Р 30804.4.3.. Должна быть обеспечена работоспособность в обстановке, характеризующейся высоким уровнем электромагнитных излучений и удовлетворяющей 3 степени жёсткости испытаний, относящихся к защите от излучений источников общего применения, цифровых радиотелефонов и других радиочастотных излучающих устройств.. - Устойчивостью к кондуктивным помехам, наведённым радиочастотными электромагнитными полями по ГОСТ Р 51317.4.6 [3].. Должна быть обеспечена работоспособность в обстановке, характеризующейся высоким уровнем электромагнитных излучений и удовлетворяющей 3 степени жёсткости испытаний, относящихся к помехоустойчивости при воздействии кондуктивных помех, наводимых излучениями радиопередающих устройств.. В настоящее время информация передается по технологии доступа VDSL2, используя существующие медные провода кабеля соединительного К-С-ВСД. Не смотря на то, что VDSL2 является новейшим стандартом xDSL широкополосных проводных коммуникаций, скорость передачи информации не позволяет в полной степени эксплуатировать существующее оборудование и проводить модернизацию.. Пути решения этой проблемы заключаются в переходе на другую среду распространения сигнала - оптический кабель или же в переходе на беспроводную технологию передачи данных.. . Рисунок 2 – Структурная схема киберфизической системы, модифицированная модулем для передачи данных. Условия эксплуатации телеуправляемого диагностического комплекса могут оказаться критичными для использования оптического волокна в составе кабеля соединительного К-С-ВСД, так как во время выполнения работ кабель испытывает продольные и поперечные нагрузки.. В связи с этим, целесообразно перейти на беспроводную технологию передачи данных, при этом передачу питающих напряжений оставив в кабеле соединительном, отказавшись от бортового аккумуляторного питания и не усложняя аварийное извлечение из трубопровода.. В результате анализа технологий, возможных для решения поставленной задачи, была составлена сводная таблица, содержащая характеристики трех наиболее подходящих стандартов.. Таблица 1 – Стандарты, удовлетворяющие требованиям поставленной задачи. Технология. Стандарт. Использование. Пропускная способность. Радиус действия. Частоты. WiMax. 802.16d. WMAN. до 75 Мбит/с. 25-80 км. 1,5-11 ГГц. Wi-Fi. 802.11n. WLAN. до 300 Мбит/с (в перспективе до 600 Мбит/с). до 300 метров. 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц. Wi-Fi. 802.11aс. WLAN. до 1 Гбит/с. до 300 метров. 5 ГГц. В общем виде WiMAX сети состоят из следующих основных частей: базовых и абонентских станций, а также оборудования, связывающего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и с Интернетом.. Для соединения базовой станции с абонентской используется высокочастотный диапазон радиоволн от 1,5 до 11 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приёмником.. WiMAX применяется как для решения проблемы «последней мили», так и для предоставления доступа в сеть офисным и районным сетям.. Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 140 Мбит/c. При этом, по крайней мере одна базовая станция подключается к сети провайдера с использованием классических проводных соединений. Однако, чем большее число БС подключено к сетям провайдера, тем выше скорость передачи данных и надёжность сети в целом [8-9].. Заключение. Основным отличием Wi-Fi от WiMAX является радиус действия.. По стандарту 802.11n устройства могут использовать диапазоны 2,4 или 5 ГГц, что повышает надёжность связи, уменьшая влияние радиочастотных помех.. Стандарт 802.11ac обеспечивает передачу данных без задержек и на высокой скорости.. Модификация робота под беспроводную передачу данных основывается на закреплении мостов и антенн на ВСД (взрывобезопасное средство доставки) и на срез трубы (место загрузки). Можно выделить дальнейшие этапы модернизации системы:. - корректировка схемотехники,. - разработка программного обеспечения,. - разработка новой крышки БПС (блока преобразования сигналов) с высокочастотными разъемами и новой крышки-антенны на БД (блок драйверов).. Теоретически существуют технологии, позволяющие перейти на беспроводную передачу данных внутри комплекса для проведения внутритрубной диагностики. Основным вопросом на сегодняшний день остается вопрос электромагнитной совместимости и помехоустойчивости. Для этого необходима закупка оборудования под каждый стандарт в отдельности и проведение испытаний на электромагнитную совместимость, пропускную способность, радиус действия и др. Помимо рассмотренных технологий, интересной представляется технология 5G, которая на данный момент находится в стадии разработки. Сеть 5G обещает высокую стабильность и скорость соединения, однако ее придется еще подождать.