

**Краткое руководство
по планированию Wi-Fi-покрытия**

Май 2024





Оглавление

1. ЦЕЛЬ РУКОВОДСТВА	3
2. ЦИКЛ РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ WI-FI	4
3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ	5
3.1. Общие исходные данные	5
3.2. Технические параметры	6
3.3. Технические требования к покрытию БЛВС	8
3.4. Пример технических требований	9
4. ВЫБОР РЕШЕНИЯ	10
5. ЧАСТОТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ	11
6. ПОДГОТОВКА ПРЕДИКТИВНОЙ МОДЕЛИ	12



1. ЦЕЛЬ РУКОВОДСТВА

Данное краткое руководство ставит целью выделить рекомендации и подходы, в общем случае применимые для типовых беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11 в наиболее распространенных задачах организации радиопокрытия, таких как: офисы, гостиницы, торговые комплексы, учебные заведения, медицинские и государственные учреждения, промышленные объекты, складские комплексы, уличные пространства и т.п.

В отдельных задачах, где требуется специализированное решение, возможны иные подходы, в целом не противоречащие предлагаемому в данном руководстве рекомендациям.

Приведенные рекомендации **выделены в тексте**. Особо обратим внимание, что несмотря на то, что они не являются строгими требованиями, отступление от них должно быть технически корректно обосновано.

Также необходимо отметить, что данное руководство не является учебником по проектированию БЛВС. В случае необходимости рекомендуем обращаться к специализированной литературе.

Основные термины и сокращения

БЛВС — беспроводная локальная вычислительная сеть.

ДН — диаграмма направленности.

КУ — клиентское устройство.

ОСШ (SNR) — отношение сигнал/шум.

ПНР — пуско-наладочные работы.

РД — рабочая документация.

СКС — структурированная кабельная система.

ТД (AP) — точка доступа (access point), работающая под управлением контроллера.

ТЗ — техническое задание.

ISM — диапазон частот 2,4 ГГц.

MCS — modulation and coding scheme.

TxBF — Transmit beamforming.

UNII — диапазон частот 5 ГГц.



2. ЦИКЛ РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ WI-FI

Ниже приведен рекомендуемый цикл работы над проектом в части компонентов сети Wi-Fi.

Шаг 1. Постановка задачи и формализация технических требований.

Здесь прежде всего необходимо ответить на вопросы: Какую бизнес-задачу должна решать БЛВС? Какой сетевой сервис является ключевым?

Далее выполняется анализ планировки зоны покрытия, собираются исходные данные.

Также на этом шаге может быть проведено предварительное радиообследование или аудит существующей БЛВС (в случае ее наличия).

Результат: сформулированы проектные требования.

Шаг 2. Подготовка предиктивной модели БЛВС и предварительной спецификации.

Результат: отчет о моделировании, содержащий технически обоснованное предположение (расчет) о возможности выполнения спроектированной БЛВС поставленных перед ней бизнес-задач.

Шаг 3. Натурная проверка предиктивной модели (радиообследование «ТД на штанге»).

Результат: отчет о моделировании/радиообследовании, содержащий техническое обоснование (данные измерений) корректной работы БЛВС в заданных дизайном рамках.

Шаг 4. Подготовка спецификации на оборудование БЛВС.

Результат: коммерческая оценка условий поставки.

Шаг 5. Валидация дизайна производителем.

Результат: подтверждение производителем корректности дизайна и спецификации.

Шаг 6. Поставка оборудования. Монтаж/ПНР.

Результат: оборудование смонтировано, выполнена настройка.

Шаг 7. Итоговое радиообследование.

Результат: отчет о радиообследовании, содержащий анализ измерений, подтверждающих, что фактически развернутая БЛВС отвечает проектным требованиям.

Шаг 8. Эксплуатация.

Результат: БЛВС поддерживается на протяжении жизненного цикла работы оборудования.

Далее будут рассмотрены шаги 1 и 2 с позиции основных аспектов обоснования технического решения по организации радиопокрытия БЛВС.



3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

На этом этапе происходит сбор данных о площадке и бизнес-требованиях заказчика, анализируется имеющаяся документация.

При необходимости, выполняется предварительное радиообследование.

3.1. Общие исходные данные

Основными исходными данными являются планировки будущей зоны покрытия БЛВС с указанием масштаба и типа препятствий.

К исходным данным также могут относиться:

- корпоративный стандарт построения БЛВС (при его наличии);
- прямые технические требования к организации БЛВС (ТЗ/задание на проектирование);
- особые регуляторные требования;
- РД на существующую СКС;
- и др.

На этом этапе рекомендуется:

- выделить на планировках зоны с особыми требованиями к типу ТД (например, открытый склад) или характеристикам покрытия (например, конференц-залы);
- определить возможные источники помех в используемых диапазонах спектра;
- провести оценку общего числа пользователей и сценарий их работы в сети;
- провести предварительное обследование площадки, итогами которого будут:
 - перечень используемых моделей КУ,
 - результаты анализа существующей (например, заменяемой) БЛВС,
 - результаты измерения затухания в типовых препятствиях,
 - результаты измерения затухания в межэтажных перекрытиях,
 - результаты измерения смещения (offset) чувствительности основной модели КУ.



3.2. Технические параметры

При сборе исходных данных необходимо обратить внимание на следующие параметры площадки.

1. Уровень мощности излучения радиомодуля ТД P_{rad} (дБм).

Это основной настраиваемый параметр с точки зрения мощности излучения ТД.

Рекомендуется в целях сохранения симметрии в канале между ТД и КУ не превышать величину уровня мощности излучения 14–15 дБм.

Кроме того, уровень мощности излучения имеет нормативное ограничение.

Ограничение регулятора накладывается на эквивалентную изотропно-излучаемую мощность (ЭИИМ). Она рассчитывается следующим образом:

$$P_{EIRP} = P_{rad} + G_{tx} + G_{TxBF} - L_{cable},$$

где

P_{EIRP} — ЭИИМ (дБм);

P_{rad} — уровень мощности излучения радиомодуля (дБм);

G_{tx} — коэффициент усиления антенны ТД (дБ);

G_{TxBF} — коэффициент усиления за счет TxBF (дБ);

L_{cable} — потери в антенном кабеле ТД (дБ).

Отметим, что P_{EIRP} не должна превышать 20 дБм для частот диапазона ISM и 23 дБм для частот UNII.

Рекомендуется выбирать значение P_{rad} таким образом, чтоб иметь запас в 3–5 дБ до предельной ЭИИМ.

С точки зрения разницы в чувствительности КУ в различных диапазонах частот, **рекомендуется** выставлять P_{rad} для частот UNII примерно на 5–6 дБ выше, чем для ISM диапазона.

2. Основная модель КУ.

Среди всех КУ, используемых на площадке, **рекомендуется** по возможности выбрать такое КУ, которое будет образцом при ПНР и эксплуатации.

Рекомендуется выбирать основную модель КУ, согласно принципу «Most important, least suitable», т.е. это должно быть критичное для выполнения поставленной задачи устройство с худшим среди прочих КУ функционалом с точки зрения IEEE 802.11.



3. Смещение чувствительности основной модели клиентского устройства (дБ)

$$L_{Offset} = P_{Client} - P_{Measured},$$

где

L_{Offset} — смещение чувствительности (дБ);

$P_{Measured}$ — уровень мощности принимаемого сигнала согласно измерительному устройству (дБм);

P_{Client} — уровень мощности принимаемого сигнала согласно индикации КУ (дБм) с учетом параметров его антенны.

При натурном радиообследовании необходимо учесть разницу между чувствительностью основного КУ и чувствительностью измерительного устройства. Эта величина будет положительной, если КУ менее чувствительно чем измерительное устройство, и отрицательной в обратном случае.

Если провести измерение невозможно, то в случае приставки Ekahau Sidekick 1 **рекомендуется** принять $L_{Offset} = 5$ дБ.

4. Уровень шума в рабочей полосе частот P_{noise} (дБм).

Определяется по итогам радиообследования на площадке.

Если провести измерение невозможно, то для городской среды **рекомендуется** исходить из значения уровня шума порядка -85 дБм для обоих частотных диапазонов.

5. Число ассоциированных КУ в зоне покрытия.

Параметр определяет предельное число КУ в БЛВС с точки зрения числа ассоциаций.

В случае, если данные в явном виде недоступны, **рекомендуется** исходить из 50 % от общего числа людей в зоне покрытия.

6. Число одновременно активных КУ в зоне покрытия.

В случае, если данные в явном виде недоступны, **рекомендуется** исходить из 10 % – 20 % от числа ассоциированных КУ в зоне покрытия.

7. Прочие ограничения, к которым могут относиться:

- ограничения на используемый участок спектра,
- особенности возможного монтажа ТД и антенн,
- дизайнерские ограничения,
- и др.



3.3. Технические требования к покрытию БЛВС

Основным техническими требованиями при обосновании покрытия Wi-Fi являются:

1. Основной частотный диапазон.

Покрытие БЛВС должно быть чаще всего спланировано для работы в обоих частотных диапазонах.

Рекомендуется планировать дизайн под работу пользователей в диапазоне 5 ГГц.

2. Отношение сигнал/шум (дБ).

Требование к ОСШ (SNR) выбирается исходя из требований к скорости кодирования (MCS), определяемых стандартом IEEE 802.11.

Рекомендуется выбирать значение ОСШ не менее 25 дБ в случае частотного планирования с применением каналов типа HE20.

3. Уровень мощности принимаемого сигнала от основной ТД (дБм).

(Primary AP coverage).

Уровень мощности принимаемого сигнала на КУ (с поправкой на смещение чувствительности КУ) определяется следующим образом:

$$P_{Client} = P_{noise} + SNR + L_{Offset}$$

Таким образом, **рекомендуется** исходить из значения P_{Client} не ниже, чем -60 дБм.

4. Уровень мощности принимаемого сигнала от вторичной ТД (дБм).

(Secondary AP coverage).

Характеристика, в целом аналогичная предыдущей, отвечает за наличие второй ТД, доступной клиенту. Является условием для хендвера КУ между двумя ТД, работающими под управлением одного контроллера.

Если провести измерение параметров КУ невозможно, то **рекомендуется** исходить из величины порядка -72 дБм.

5. Число ТД, доступных для клиентского устройства с уровнем мощности принимаемого сигнала, не ниже заданного для вторичной ТД.

(number of APs)

Эта характеристика тесно связана с предыдущей и демонстрирует с одной стороны возможность хендвера, а с другой — определяет способность БЛВС сохранять покрытие при отказе одной или нескольких ТД с несмежными зонами покрытия.

Рекомендуется в общем случае ориентироваться на число 2.

6. Число ТД-помех, работающих в одном канале, и доступных одновременно.

(Channel Interference).

Эта характеристика характеризует число ТД, создающих помеху в зоне покрытия.

В общем случае для этого параметра **рекомендуется** не превышать число 3 для диапазона 2,4 ГГц и число 1 для диапазона 5 ГГц.



7. Число ассоциированных КУ в расчете на одну ТД.

Параметр определяет предельную клиентскую емкость ТД с точки зрения числа ассоциаций.

Рекомендуется в общем случае не превышать величину в 200 КУ/ТД.

8. Число одновременно активных КУ в расчете на одну ТД.

Рекомендуется не превышать значение, указанное в документации. На практике примерным пределом для самых производительных радиомодулей в режимах IEEE 802.11ax является число 60.

3.4. Пример технических требований

Таблица 1. Пример технических требований

Параметр	Значение
Основной частотный диапазон	5 ГГц
ОСШ	> 25 дБ
Уровень сигнала от основной ТД	> -60 дБм
Уровень сигнала от вторичной ТД	> -72 дБм
Число доступных ТД	≥ 2
Число ТД-помех	≤ 3 для ISM; < 2 для UNII
Число ассоциированных КУ на ТД	< 200
Число одновременно активных КУ на ТД	< 40



4. ВЫБОР РЕШЕНИЯ

Выбор решения включает в себя:

- выбор модели ТД;
- выбор антенных конфигураций;
- выбор схемы расстановки ТД.

При выборе решения **рекомендуется**:

- Устанавливать однотипные ТД в однородной зоне покрытия.
- Избегать чрезмерного пересечения зон покрытия нескольких ТД в однородном пространстве.
- Следует стремиться к принципу: «клиент должен слышать только основную и вторичную ТД».
- Не устанавливать вертикально ориентированные дипольные антенны (или их встроенные аналоги) на высоте более 7 метров над зоной покрытия.
- Избегать установки большого числа ТД в прямой видимости основных лепестков ДН друг друга.
- Избегать установки ТД в длинном коридоре в расчете на покрытие смежных с ним помещений.
- В атриумах и на складах использовать направленные антенны.
- Избегать установки ТД потолочного исполнения на стену без должного обоснования.
- Избегать установки ТД за подвесными потолками без должного обоснования.
- Принимать во внимание форму ДН антенн и их ориентацию.
- Помнить о необходимости иметь свободной первую зону Френеля между ТД и КУ.
- Помнить, что в ряде задач условия в среде передачи на этапах планирования и эксплуатации объекта могут заметно отличаться.
- В многоэтажных зданиях при тиражировании расстановки ТД на типовом этаже следует принимать во внимание измеренное затухание сигнала в межэтажных перекрытиях.



5. ЧАСТОТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Частотное планирование включает в себя:

- определение доступной полосы спектра;
- выбор типа используемых каналов;
- выбор частотного плана.

Рекомендуется использовать каналы только типа HE20.

Использование каналов HE40 **допустимо** только в диапазоне UNII.

Каналы HE80/HE80+80/HE160 использовать **не рекомендуется**.

При обосновании работоспособности частотного плана часто полезно привести стационарную картину частотной конфигурации. При этом **рекомендуется** избегать назначения близко расположенным ТД смежных каналов UNII диапазона.

При необходимости **рекомендуется** отключать радиомодули ISM диапазона на части ТД.

В диапазоне ISM **рекомендуется** использовать частотный план с каналами [1, 6, 11].

В диапазоне UNII **допустимо** использовать частотный план с каналами [36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 132, 136, 140, 144, 149, 153, 157, 161, 165, 169].



6. ПОДГОТОВКА ПРЕДИКТИВНОЙ МОДЕЛИ

Моделирование Wi-Fi можно осуществлять с помощью различных инструментов.

Рекомендуемая общая схема работы при этом следующая:

- подготовить планы этажей (в масштабе) с указанием препятствий;
- выделить зоны покрытия;
- исключить помещения, где нет необходимости в Wi-Fi-покрытии;
- задать параметры модели в соответствии с заданными техническими требованиями
- в соответствии с выбранным решением определить модель точки доступа, указать ее антенную конфигурацию, угол ориентации антенн, мощности излучения, частотную конфигурацию;
- разместить точки доступа на планах с учетом возможностей по монтажу;
- убедиться, что характеристики предиктивной модели отвечают техническим требованиям.

По итогу подготовки предиктивной модели **рекомендуется** составить отчет, в котором:

- приведена постановка задачи;
- сформулированы требования к покрытию;
- описана суть выбранного решения;
- приведены иллюстрации (тепловые карты, показывающие соответствие модельного покрытия исходному заданию).

Авторы:
Викулов А.С.
Скоробогатова С.А.

QTECH. 2024 г.