

техническая поддержка

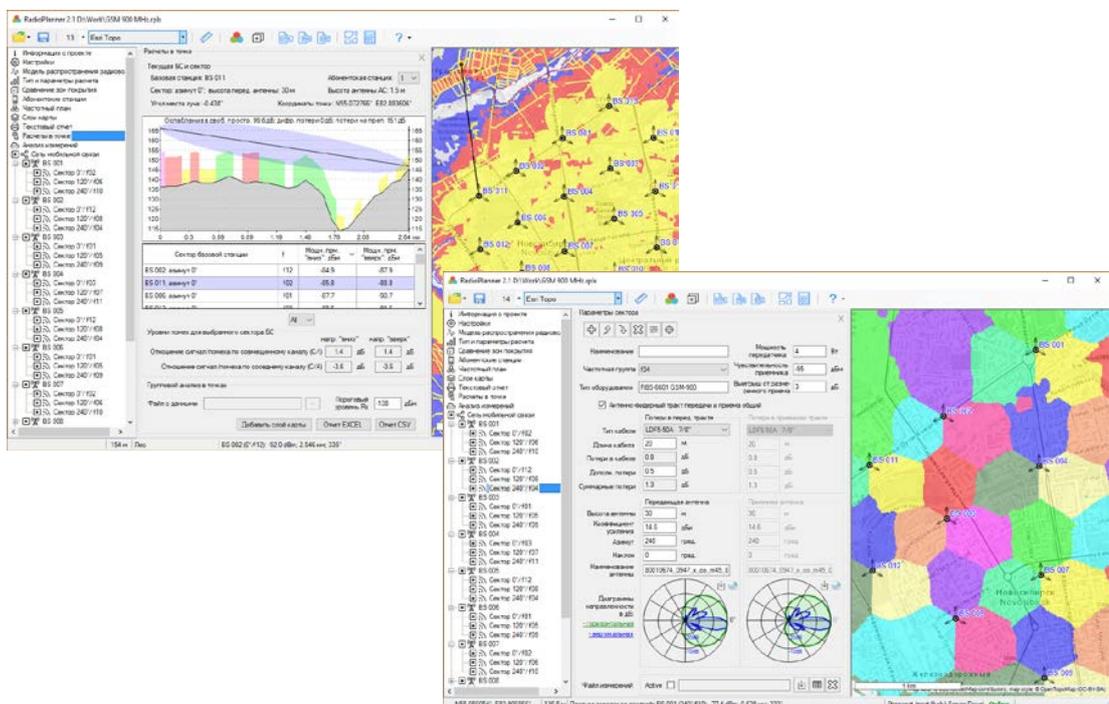


тел./факс +7 (383) 325-00-25

<http://www.ctt-group.ru> e-mail: ctt@ctt-group.ru

RadioPlanner 2.1

Руководство пользователя



НОВОСИБИРСК 2020

Оглавление

| | |
|---|----|
| От разработчиков | 4 |
| О программе | 4 |
| Системные требования | 7 |
| Инсталляция программы | 7 |
| Обновление программы | 8 |
| Начало работы | 8 |
| Панель инструментов и основное меню | 9 |
| Информация о проекте | 10 |
| Настройки | 11 |
| Слои карты | 14 |
| Сайты | 15 |
| Пользовательские слои (KML, CSV) | 16 |
| Зона радиопокрытия | 18 |
| Модель препятствий | 18 |
| Базовая карта | 19 |
| Сохранение результата расчета зон радиопокрытия | 19 |
| Сравнение двух результатов расчета радиопокрытия | 21 |
| Текстовый отчет | 23 |
| Сети мобильной связи | 25 |
| Абонентские станции | 27 |
| Базовые станции | 27 |
| Создание БС | 28 |
| Импорт сайтов из файла *.CSV | 29 |
| Импорт/экспорт параметров БС в таблицу Excel | 29 |
| Модели распространения радиоволн | 35 |
| Модель МСЭ-R P.1812-4 | 35 |
| Тип и параметры расчета | 38 |
| Мощность на приеме в направлении "вниз" или "вверх" (Received power Downlink/Uplink) ... | 40 |
| Расчет с учетом баланса мощности (Areas with Signal Levels above Both the Base a Mobile Threshold) | 40 |
| Зоны максимального уровня мощности на приеме (Strongest server Downlink) | 41 |
| C/I в направлении "вниз" (C/I Downlink ratio using channel plan) | 42 |
| Количество доступных секторов в направлении "вверх" (Number of servers above uplink) | 44 |
| Частотный план | 45 |

| | |
|---|----|
| Расчеты в точке | 46 |
| Групповой анализ в точках | 48 |
| Импорт результатов измерений и настройка параметров модели расчета | 51 |
| Калькулятор чувствительности приемника, ограниченной промышленными помехами | 53 |
| ТВ- и радиовещание | 56 |
| Передатчики вещания..... | 56 |
| Модели распространения радиоволн для проектов ТВ и радиовещания..... | 60 |
| Модель МСЭ-R P.1812-4..... | 60 |
| Модель МСЭ-R P.1546-6..... | 60 |
| Модель Лонгли-Райса или ITM (Longley-Rice, Irregular Terrain Model) | 62 |
| Тип и параметры расчета..... | 64 |
| Напряженность поля в точке приема (Field Strength at Remote)..... | 64 |
| Зоны максимального уровня напряженности поля на приеме (Strongest Server) | 65 |
| Расчет контуров по кривым распространения FCC..... | 67 |
| Расчет контуров по кривым распространения МСЭ-R P.1546-6 | 68 |
| Расчеты в точке для передатчиков ТВ- и радиовещания..... | 69 |
| Расчет количества населения, охваченных теле- и радио вещанием | 70 |
| Авиационная радиосвязь..... | 72 |
| Модель распространения радиоволн для проектов “Авиационная радиосвязь” | 73 |
| Тип и параметры расчета..... | 73 |
| Редактор модели препятствий..... | 79 |
| Приложение 1. Особенности расчета зоны покрытия для авиационной радиосвязи..... | 83 |
| Приложение 2. Примеры выполнения расчетов для различных сетей связи и вещания | 86 |

От разработчиков

Мы приложили все усилия, чтобы создать для вас программу с дружелюбным, интуитивно-понятным интерфейсом. Вместе с тем, советуем потратить совсем немного времени для ознакомления с данным руководством – это позволит использовать все возможности программы и сделает работу более эффективной.

Программа создана инженерами с более чем 20-ти летним опытом проектирования сетей радиосвязи и вещания и является полнофункциональным, но вместе с тем простым и удобным инструментом планирования.

О программе

Программа RadioPlanner 2.1 предназначена для частотно-территориального планирования и расчета зон радиопокрытия при проектировании:

- сетей мобильной связи GSM/WCDMA/CDMA/UMTS/LTE/5G;
- сетей профессиональной подвижной связи стандартов TETRA, DMR, P25, dPMR, NXDN, GSM-R, McWiLL, и других;
- аналоговых и цифровых (DVB-H/DVB-T /DVB-T2/ISDB-T/DAB/DAB+) сетей наземного радио- и телевизионного вещания;
- сетей на основе беспроводных технологий IoT LPWAN: LoRa, SigFox, "СТРИЖ" и других;
- систем авиационной радиосвязи линий земля-воздух и радионавигации (ADS-B, VOR, DME), работающих в диапазонах частот ОБЧ, УВЧ и СВЧ.

Основные возможности RadioPlanner:

- Расчет зон радиопокрытия с применением различных моделей распространения радиоволн:
 1. Модель по рекомендации МСЭ-R P.1812-4 (07/2015) "Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб "из пункта в зону" в диапазонах УВЧ и ОБЧ" (для подвижной связи, радио и телевизионного вещания);
 2. Модель по рекомендации МСЭ-R P.1546-6 (08/2019) "Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 4000 МГц" (для радио и телевизионного вещания);
 3. Модель Лонгли-Райса или ITM (Irregular Terrain Model) - для радио и телевизионного вещания;
 4. Модель на основе кривых распространения FCC (Federal Communications Commission — Федеральная комиссия по связи США) - для радио и телевизионного вещания;

5. Комбинированная модель, учитывающей рекомендацию МСЭ-R P.528-3 (02/2012) “Кривые распространения радиоволн для воздушной подвижной и радионавигационной служб, работающих в диапазоне ОВЧ, УВЧ и СВЧ” и рекомендацию МСЭ-R P.526-14 (01/2018) “Распространение радиоволн за счет дифракции” (для систем авиационной радиосвязи и радионавигации (АЗН-В, VOR, DME и проч.);

- Частотно-территориальное планирование радиосети с учетом помех по совмещенным и соседним каналам;
- Применение цифровой модели высот (ЦМВ) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) с разрешением 3”;
- Применение цифровой модели препятствий (наземный покров – городская застройка, пригород, лес, водная поверхность) с разрешением 1”, созданной на основе проектов OpenStreetMap (www.openstreetmap.org) и Global Forest Change (www.earthenginepartners.appspot.com);
- Встроенный редактор модели препятствий;
- Автоматическая загрузка всех необходимых геоданных для расчетов по мере необходимости для любой локации;
- Использование в качестве картографической подложки автоматически подгружаемых карт из проектов TOPO CTT, OpenStreetMap, Google, Bing и любых других тайловых серверов;
- Возможность импорта результатов измерений уровней мощности принимаемого сигнала для сравнения с расчетными значениями и настройки параметров модели распространения радиоволн;
- Возможность демонстрации на экране двух результатов расчета покрытия для сравнительного анализа;
- Расчет площади покрытия и количества населения в зоне охвата на основе базы данных проекта OpenStreetMap с формированием перечня населенных пунктов, охваченных теле и радио вещанием;
- Расчет площади покрытия для разных уровней на приеме в проектах подвижной связи;
- Представление результатов расчетов в различных форматах:
 1. Растровое изображения в формате *.png;
 2. Интерактивная веб-страница, готовая для размещения на локальном компьютере или веб-сервере для просмотра в любом браузере и на любой из операционных систем (Windows, Mac, IOS, Android, Linux);
 3. В формате тайлового сервера XYZ Tiles для подключения в качестве слоя к ГИС, поддерживающих этот формат (QGIS, MapInfo, ArcGIS и другие);
 4. В виде KMZ файла для просмотра результата расчета в Google Earth
- Повышенная детальность и высокая скорость расчетов за счет оптимизации алгоритма и использования параллельных вычислений в различных ядрах/потоках процессора. Расчет для базовых станций выполняется в разных потоках, что позволяет эффективно использовать

мощность современных процессоров и выполнять расчеты для сетей в сотни базовых станций за минуты-десятки минут;

- Возможность выполнить детальный *Расчет в точке*, который показывает уровни сигналов всех базовых станций в выбранной точке, а также об уровне помех по совмещенному и соседнему каналу для выбранного сектора;
- Групповой анализ в точках - расчет мощности на приеме вверх/вниз при размещении в разных условиях оконечных устройств LoRa, SigFox и других.
- Групповое изменения выбранных параметров БС, которое позволяет быстро изменить любой параметр или несколько параметров для группы базовых станций;
- Гибкая работа со слоями карты – загрузка пользовательских слоев (линейных и точечных объектов) из файлов KML и CSV, быстрое создание точечных объектов, управление пользовательскими слоями – изменение свойств слоя, выбор толщины, цвета, стиля надписей и т.д.
- Возможность формирования текстовых отчетов о конфигурации базовых станций/передатчиков и параметрах расчета. Теперь при помощи панели инструментов, которая находится над отчетом, его можно отправить на печать, а также сохранить в форматах PDF, Microsoft Word или Excel;
- Встроенный калькулятор уровня сигнала приемника, ограниченного промышленными шумами (индустриальными помехами), которые серьезно влияют на зону радиопокрытия для систем подвижной связи в диапазоне частот ОВЧ и части УВЧ.
- Возможность работы в разных системах координат (WGS-84, ГСК-2011, СК-42)

Все необходимые для работы наборы данных поставляются в комплекте с программой.

RadioPlanner имеет сертификат соответствия системы сертификации "Прибор-эксперт". Алгоритмы, используемые в программе, соответствуют документам:

- ГОСТ-Р 55897-2013 Сети подвижной радиосвязи. Зоны обслуживания. Методы расчета;
- Рекомендация МСЭ-R P.1812 Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб "из пункта в зону" в диапазонах УВЧ и ОВЧ (A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands);
- Рекомендация МСЭ-R P.1546 Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 4000 МГц (Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 4 000 MHz);
- Рекомендация МСЭ-R P.528 "Кривые распространения радиоволн для воздушной подвижной и радионавигационной служб, работающих в диапазоне ОВЧ, УВЧ и СВЧ";
- Рекомендация МСЭ-R P.526 Распространение радиоволн за счет дифракции (Propagation by diffraction).

Системные требования

Для работы с программой на компьютере должна быть установлена одна из операционных систем (ОС) Windows 7/8/8.1/10 (64- разрядная). Для использования всех возможностей программы на компьютере должен быть установлен редактор электронных таблиц Microsoft Excel.

При работе программы выполняется большой объем вычислений, из-за чего скорость и производительность работы серьезно зависят от скорости процессора и объема оперативной памяти компьютера.

Минимальная конфигурация компьютера – 64-разрядная Windows, Core i3 CPU, 4GB RAM, 200GB HDD, видеокарта и монитор с поддержкой 1366x768, хотя программа может быть установлена и будет работать на менее производительном компьютере.

Рекомендуемая конфигурация компьютера – 64-разрядная Windows, Core i5 CPU, 16GB RAM, 256GB SSD, видеокарта и монитор с поддержкой 1920x1080.

При выполнении расчетов для нескольких базовых станций на скорость вычисления практически кратно влияет количество ядер/потоков процессора, так как расчет для разных базовых станций выполняется в отдельных потоках. Для 64-разрядных версий Windows, сняты все ограничения, связывающие детальность расчета, максимальный радиус расчета секторов базовых станций и количество секторов. При больших объемах расчетов используется весь доступный объем оперативной памяти на компьютере, а при переполнении оперативной памяти - жесткий диск компьютера.

Программа защищена от нелегального распространения с помощью аппаратного ключа HASP HL, который может поставляться в локальной или сетевой версии. Защита не влияет на работу компьютера.

Инсталляция программы

Программа RadioPlanner поставляется на одном установочном диске.

Содержание диска:

- файл установки **Setup_Radioplanner_21_date.exe** (date – дата создания дистрибутива);
- руководство пользователя;
- обучающие видео;
- драйвер аппаратного ключа **HASPUserSetup.exe**;
- архив с набором диаграмм направленности антенн **ANTENNAS.rar**;
- папка с файлами примеров проектов ***.rplx**
- папка с примерами файлов данных

Перед началом работы необходимо установить драйвер аппаратного ключа HASP. Для этого запустите программу HASPUserSetup.exe. После инсталляции драйвера установите в USB порт компьютера аппаратный ключ, поставляемый в комплекте.

Для инсталляции RadioPlanner 2.1 запустите файл Setup_Radioplanner_21.exe с установочного диска и выполните установку программы.

Для работы программы необходим пакет "Microsoft .net framework" версии 4.5 или более новой. Если на вашем компьютере установлена операционная система Windows 7, Windows 8 или Windows 10 с автоматическим обновлением, то "Microsoft .net framework" уже установлен. Если программа-инсталлятор его не обнаружит, то откроет страницу на сайте Microsoft с которой его необходимо загрузить и установить, после чего продолжить установку RadioPlanner.

Настройка основных параметров осуществляется в меню Настройка.

Обновление программы

Периодически мы выпускаем бесплатные текущие обновления, в которых улучшаем функционал и стабильность программы.

В программе предусмотрена ручная и автоматическая проверка обновлений. Чтобы проверить наличие обновлений вручную, кликните "Помощь – Проверка наличия обновления". Если есть доступное обновление откроется окно с информацией о текущей и доступной версии. Вы можете загрузить его по ссылке и установить в ручном режиме. Программу при этом следует закрыть, удалять ее не нужно.

Рекомендуем оставить автоматическую проверку наличия доступных обновлений (установлено по умолчанию - активный чек-бокс "Проверить наличие обновления при старте"). Программа каждый раз при запуске будет проверять наличие доступного обновления, при этом информация для пользователя о каждом новом обновлении будет появляться один раз (если сообщение об этом обновлении один раз уже появлялось, то в автоматическом режиме больше оно не появится).

Начало работы

RadioPlanner позволяет выполнить частотно-территориальное планирование и расчет зон радиопокрытия при проектировании сетей мобильной связи, сетей наземного ТВ- и радиовещания, а также сетей авиационной радиосвязи и навигации. Учитывая специфику планирования этих систем, в программе предусмотрены три разных типа проекта:

- Мобильная связь
- ТВ- и радиовещание
- Авиационная радиосвязь

От выбора типа проекта будет зависеть конфигурация меню программы и набор вводимых параметров, поэтому перед началом работы пользователь должен выбрать тип проекта в меню **Настройки** (см. Раздел **Настройки**). Общий порядок работы с программой практически одинаков вне зависимости от типа проекта.

Настоящее руководство поделено на четыре части – сначала идет описание работы с теми функциями программы, которые не зависят от типа проекта, затем идет описание работы с проектами *Мобильная связь*, затем – с проектами типа *ТВ- и радиовещание* и в конце - *Авиационная радиосвязь*.

После старта появится главная панель программы с основным меню в левой части и базовой картой в правой части. Можно менять размер окон панелей по мере необходимости при помощи разделителя.

На базовой карте могут отображаться различные слои, определенные пользователем - базовые станции, зоны покрытия, различные дополнительные векторные слои и т.д. Можно выбрать для отображения одну из предустановленных базовых карт или настроить собственную базовую карту, как описано в разделе Настройки базовой карты.

Навигация по карте осуществляется при помощи мыши. Используйте колесо мыши для изменения масштаба (Zoom) карты. Нужный Zoom можно выбрать также из раскрывающегося списка в панели инструментов.

Панель инструментов и основное меню

Для удобства пользователя основные команды меню оформлены в виде панели инструментов.



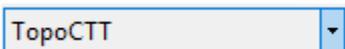
При наведении на каждую из иконок появляется поясняющая надпись.



- стандартные инструменты работы с файлами **Создать, Открыть, Сохранить**.



- Текущий Zoom (уровень детализации) карт тайлового сервера картографической подложки;



-Текущая базовая карта (картографическая подложка);



- Инструмент "линейка", позволяющий измерить расстояние и азимут между двумя произвольными точками. Чтобы выполнить измерение кликните на линейку, затем кликните на любые две точки и программа покажет расстояние между ними и азимут с первой на вторую. Для выхода кликните правой кнопкой мыши в любом месте на карте.



- Выполнить расчет;



- Добавить зону радиопокрытия к сравнению;



- Сохранить результаты расчета в виде веб-страницы;



- Сохранить результаты расчета в виде растрового файла в формате PNG;



- Сохранить результаты расчета в виде файла KMZ для Google Earth (Google Планета Земля);



Редактор модели препятствий;



- Калькулятор промышленных радиопомех;



- Помощь

Подробнее о функциях каждого элемента панели инструментов рассказано далее в соответствующих разделах настоящего руководства.

В качестве основного меню пользователя в программе используется интерфейс типа Tree View (многоуровневое дерево), элементы управления которого находятся в левой части главной панели. При выборе одного из элементов меню, рядом открывается панель, соответствующая данному элементу.

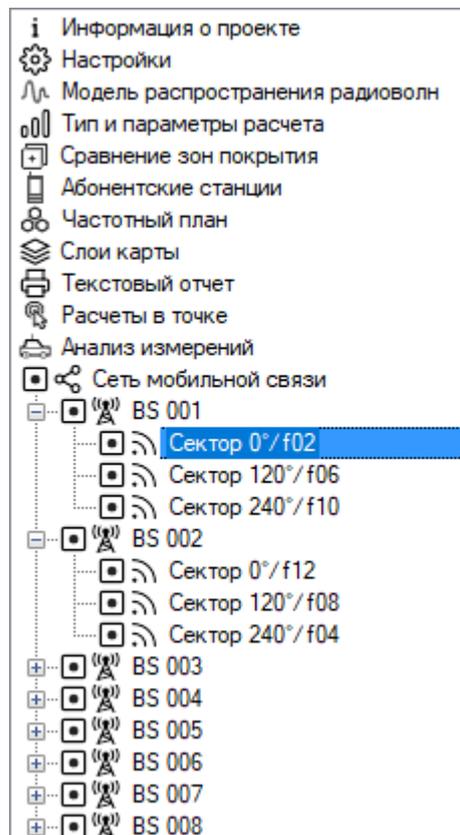


Рисунок 1. Меню Tree View (многоуровневое дерево)

Информация о проекте

Новый проект создается автоматически при запуске программы.

В меню ФАЙЛ выполняются стандартные операции с файлом проекта – СОЗДАТЬ, ОТКРЫТЬ, СОХРАНИТЬ, СОХРАНИТЬ КАК. Расширение, под которым сохраняется файл описания проекта - *.prlx. Этот файл содержит все исходные данные и настройки проекта.

В панели **информация о проекте** можно указать общую информацию о проекте.

Рисунок 2. Панель “Информация о проекте”

| | |
|----------------------|---|
| Наименование проекта | Текстовое поле |
| Заказчик | Текстовое поле |
| Дата | Текстовое поле, при создании нового проекта в него записывается дата и время создания проекта |

Настройки

После первого запуска установленной программы следует выполнить первоначальную настройку.

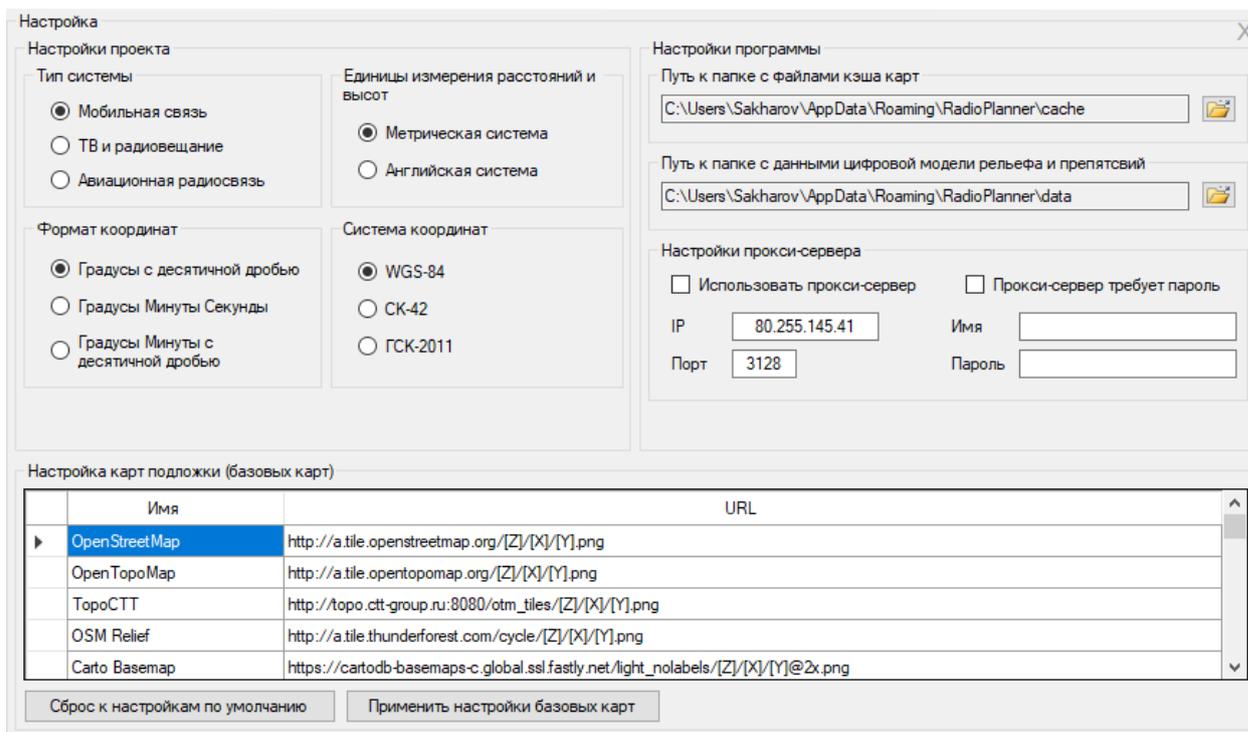


Рисунок 3. Пункты меню Настройка

| Настройки проекта | |
|--------------------------------------|--|
| Тип системы | <ul style="list-style-type: none"> - Мобильная связь - ТВ- и радиовещание - Авиационная радиосвязь <p>Перед изменением типа системы следует сохранить текущий проект, так как программа при изменении типа системы создает новый проект. От выбора типа проекта будет зависеть набор вводимых параметров.</p> |
| Единицы измерения расстояний и высот | <ul style="list-style-type: none"> - Метрическая система (километры, метры); - Английская система (мили, футы); |
| Формат координат | <p>Формат географических координат –</p> <ul style="list-style-type: none"> - Градусы с десятичной дробью (N44.345678 W134.567893) - Градусы Минуты Секунды (N44° 34' 23.7" W134° 29' 23,4") - Градусы Минуты с десятичной дробью (N44° 34.2356' W134° 29.2354') |
| Система координат | <p>Выбор системы координат</p> <ul style="list-style-type: none"> - WGS-84 - CK-42 - ГСК-2011 |
| Настройки программы | |
| Путь к папке с файлами кэша карт | <p>Путь к папке, где будут храниться загруженные тайлы карт базовой подложки для быстрой подкачки их в дальнейшем, что очень ускоряет работу с программой. Кроме того, загруженные карты останутся у вас на компьютере, и вы сможете их просматривать даже без подключения к интернету. Эта папка создается</p> |

| | |
|--|--|
| | автоматически при первом запуске, путь также прописывается автоматически. Путь к папке можно менять. |
| Путь к папке с данными цифровой модели рельефа и препятствий | Путь к папке, где хранятся автоматически подгружаемые по мере необходимости данные цифровой модели рельефа земной поверхности, а также препятствий - леса и застройки. Эта папка создается автоматически при первом запуске, путь также прописывается автоматически. Путь к папке можно поменять. |
| Настройки прокси-сервера | Если компьютер подключен к интернету через прокси-сервер, то необходимо ввести его параметры и поставить соответствующую метку. |

Настройка карт подложки (базовых карт)

В качестве карт подложки (их еще иногда называют базовыми картами) для отображения результатов расчетов можно использовать любые доступные картографические материалы пользовательского или стороннего тайлового сервера (tile server). В настоящее время можно найти множество сервисов, предоставляющих возможность просмотра картографического материала, все они отличаются предоставляемым материалом по таким параметрам, как масштаб карт, охват территорий, наполняемость. Для каждого конкретного случая, в зависимости от местности, где расположены объекты расчета, может оказаться полезным какой-то один или несколько серверов, который можно выбрать из списка.

Одной из доступных базовых карт в программе RadioPlanner является карта ТопоСТТ, которая специально разрабатывалась нами для использования в качестве картографической подложки в программах DRRL, RadioPlanner, EMC Planner и SanZone. На сегодняшний день карта охватывает территорию России, Казахстана и Узбекистана и в дальнейшем планируется увеличение покрытия.

Категории топографических объектов на карте:

- Растительный покров: лес (с обозначением высоты), кустарник;
- Дороги: Автомагистрали, железные дороги, местные дороги, полевые дороги и тропы;
- Застройка: контуры населенных пунктов, кварталов, жилых и промышленных зданий, этажность зданий;
- Гидрография: реки, озера, водохранилища и болота;
- Объекты инженерной инфраструктуры: трубопроводы, ЛЭП, антенные опоры и прочее;
- Рельеф местности – высотные горизонталы с шагом 10м, отметки высот.

В основе топокарты - данные открытого картографического проекта OpenStreetMap (OSM), который по наполняемости и качеству данных в последнее время вышел на принципиально новый уровень. Актуальность информации, которая есть на картах проекта OSM не идет ни в какое сравнение с актуальностью традиционных топокарт, которые обновлялись в лучшем случае 25-30 лет назад.

При подготовке карты мы полностью заменили слой лесов, который есть в проекте OSM на данные границ лесных массивов из экологического проекта Global Forest Change за 2015 год и дополнили их информацией о высотах леса, которая появляется при zoom 13-14.

На карту также нанесены горизонтали рельефа местности, выполненные на основе цифровой модели высот Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).

Стиль карты Торо СТТ на мелких и средних уровнях детализации (Zoom 9-215) максимально приближен к стилю традиционных топографических карт масштабов от 1:1 000 000 до 1:25 000, что обеспечивает отличную читаемость и информативность при использовании карты в качестве подложки для работы в программах DRRL и RadioPlanner. Настройки большинства тайловых серверов имеют схожий формат. Пример записи для тайлового сервера OpenStreetMap:

[http://a.tile.openstreetmap.org/\[Z\]/\[X\]/\[Y\].png](http://a.tile.openstreetmap.org/[Z]/[X]/[Y].png)

Внимание: все права на картографические материалы принадлежат их владельцам.

Слои карты

В меню **Слои карты** пользователь может управлять слоями, которые отображаются на карте. Порядок слоев в меню соответствуют порядку на карте (базовая карта – ниже всех слоев, сайты – поверх всех слоев).

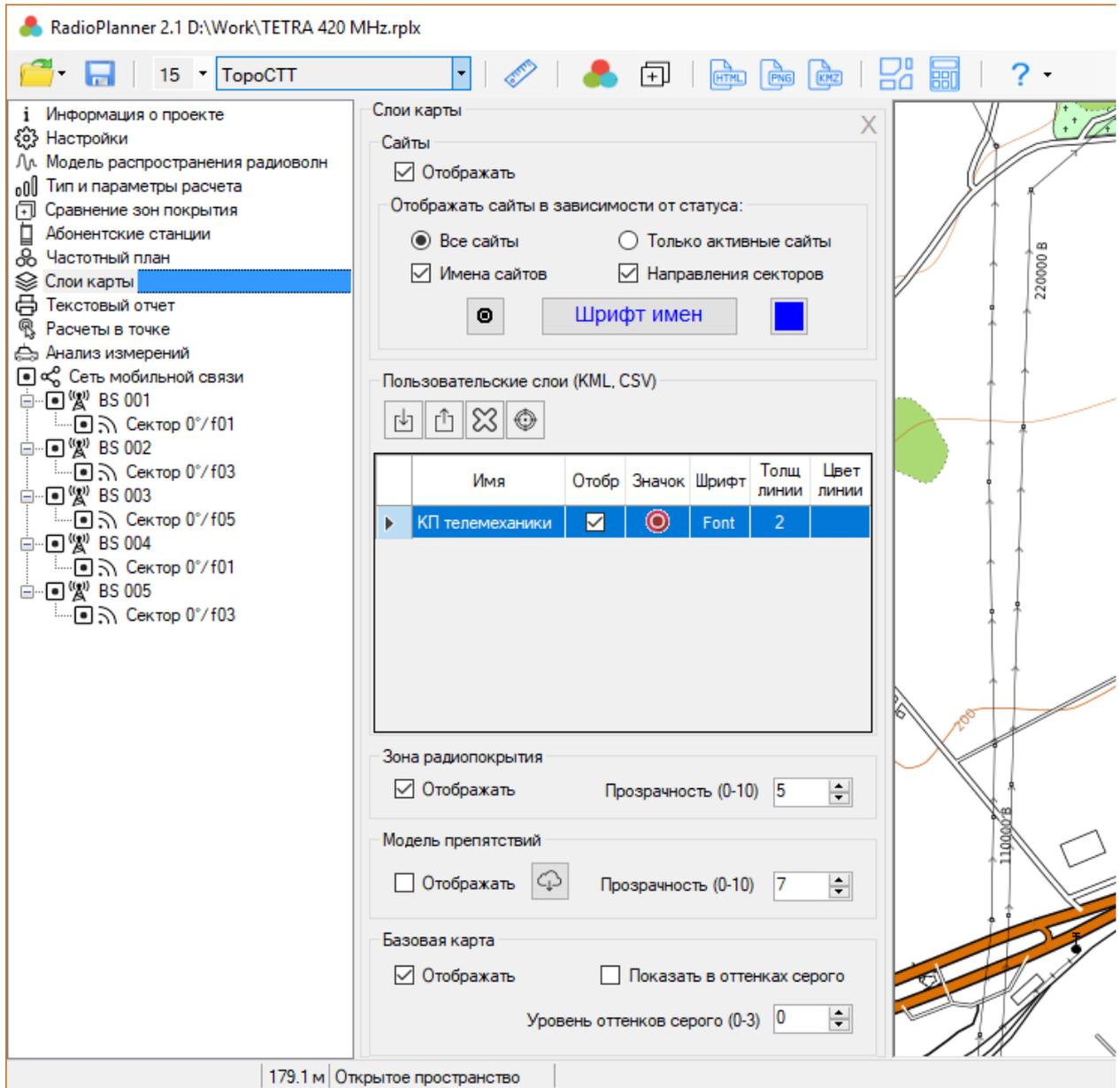


Рисунок 4. Слой карты

Сайты

Под сайтами в зависимости от типа проекта понимаются базовые станции или передатчики ТВ- и радиовещания.

| | |
|--------------------------------|---|
| Показать слой | Показать/скрыть слой сайтов |
| Показать все сайты | Показать все сайты |
| Показать только активные сайты | Показать только активные сайты |
| Показать наименование сайтов | Показать наименование сайтов |
| Показать направление сектора | Показать направление сектора в соответствии с указанным для него азимутом антенны |
| Значок сайтов | Выбрать значок для сайтов из стандартного набора |
| Шрифт и цвет шрифта | Выбрать тип, стиль и цвет шрифта для наименований сайтов |

Пользовательские слои (KML, CSV)

Пользователь может загрузить и отобразить в качестве слоя на карте произвольные точечные или линейные векторные объекты в формате KML. Это может быть, например, трасса ЛЭП, трубопровод, объекты КП телемеханики, а также результаты измерений уровней сигнала.

Кроме того, точечные объекты можно загрузить также из файла формата CSV (текстовый формат, где разделителем значений колонок является символ “точка с запятой”). Это универсальный формат, в котором можно сохранить таблицу из любого редактора таблиц (Excel, LibreOffice Calc и прочих), а также баз данных.

Необходимые поля для каждого точечного объекта: Параметр; Широта; Долгота

Разделителем значений колонок является символ “точка с запятой”.

Форматы представления координат - ПОЛУШАРИЕ ГРАДУСЫ МИНУТЫ СЕКУНДЫ (N35 36 23.8) или ПОЛУШАРИЕ ДЕСЯТИЧНЫЕ ГРАДУСЫ (N12.34567). В качестве параметра может быть любой текст, который отобразится в точке с указанными координатами. Это может быть, например, результат измерений или наименование объекта.

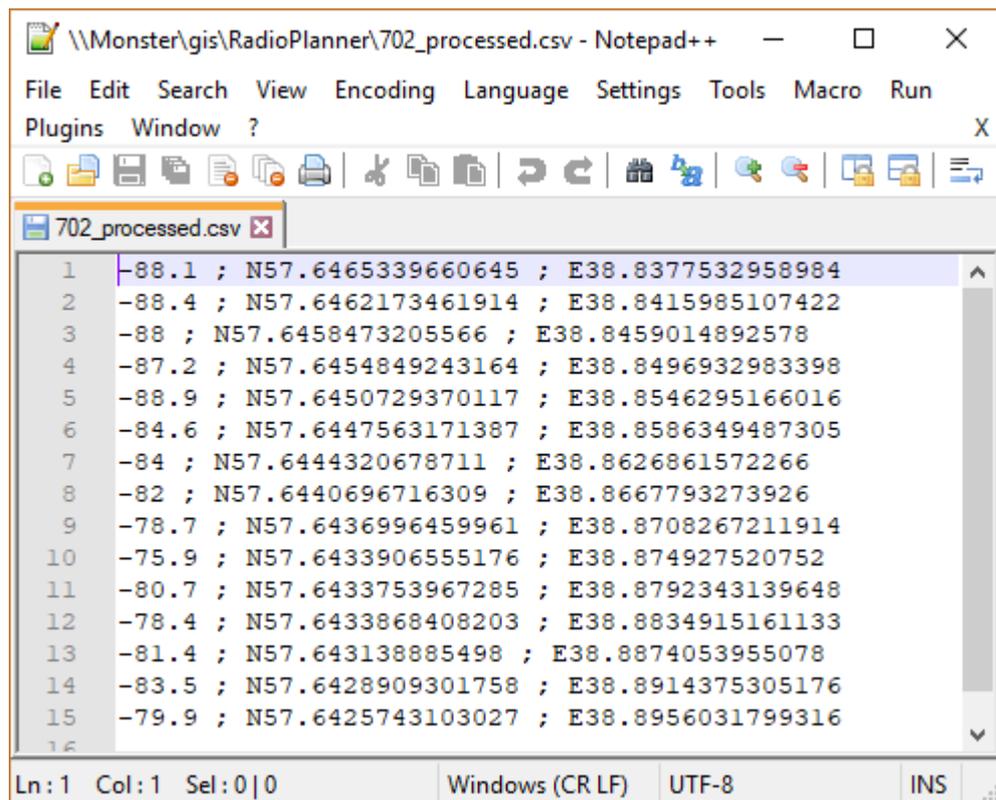


Рисунок 5. Пример текстового файла в формате CSV с результатами измерений

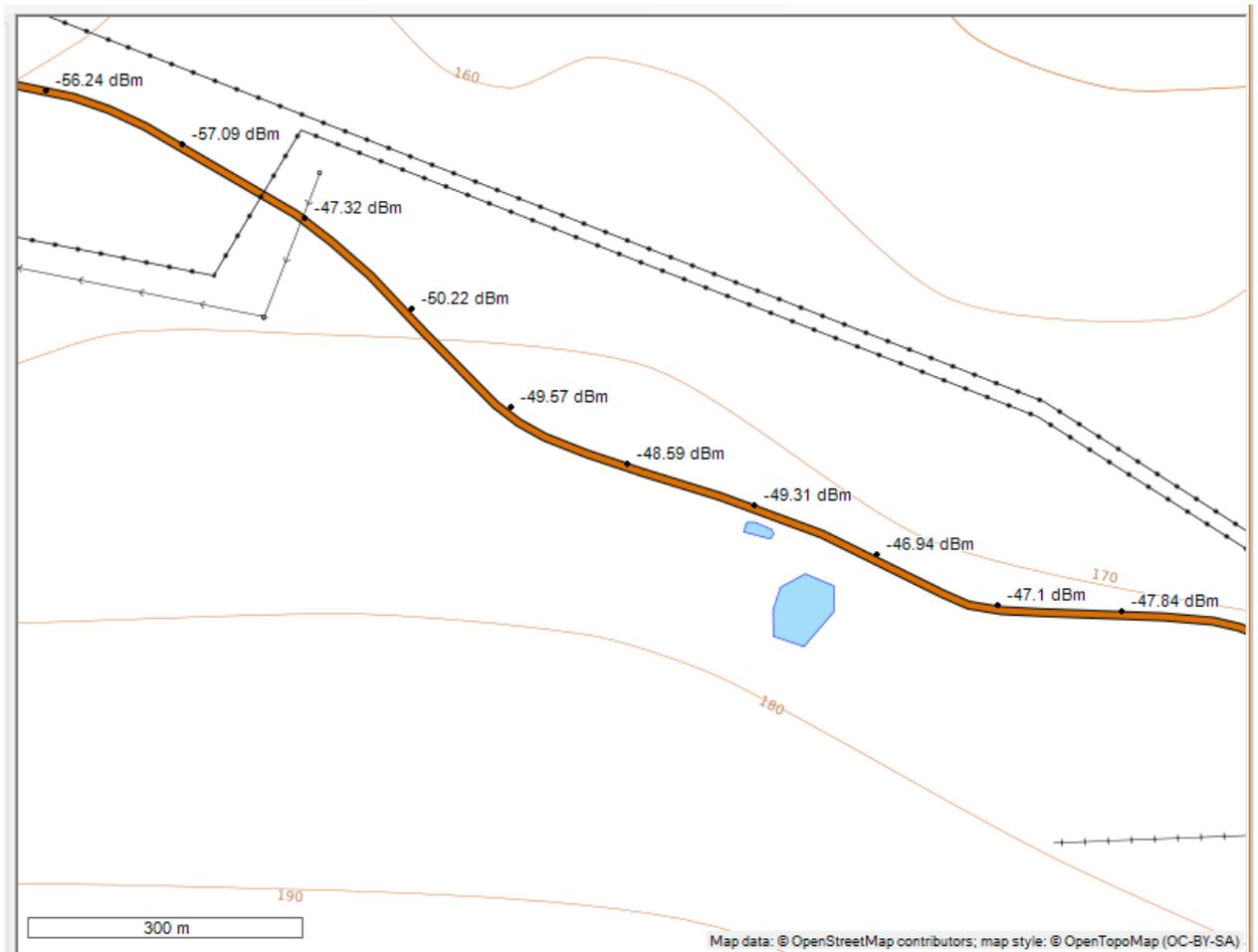
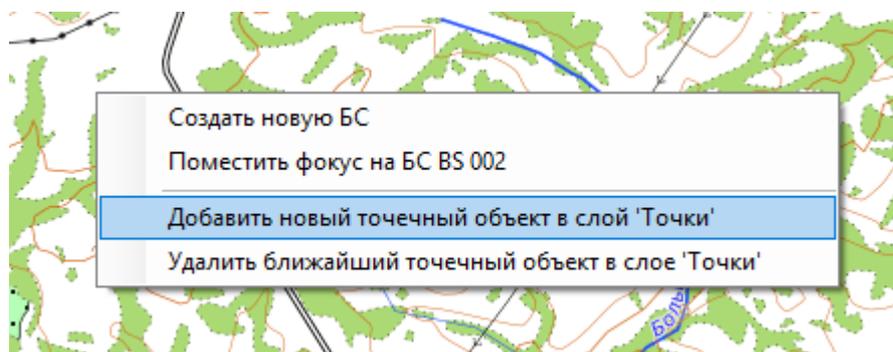


Рисунок 6. Пример отображения результатов измерений

Пользователь также имеет возможность оперативно создавать точечные объекты на карте. Для этого следует кликнуть правой кнопкой мыши в нужное место на карте, в появившемся контекстном меню выбрать “Добавить новый точечный объект в слой “Точки”, а потом указать наименование объекта. Объект появится на карте, а также он будет добавлен в слой “Точки”, который будет автоматически создан при создании пользователем первого точечного объекта. Созданные точечные объекты можно также удалять – для этого следует кликнуть правой кнопкой мыши по нужному объекту и выбрать “Удалить ближайший точечный объект в слое “Точки””.



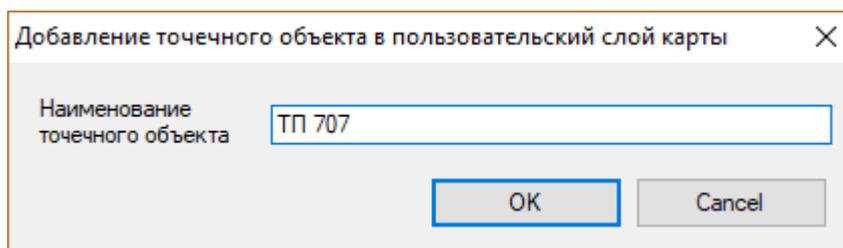


Рисунок 7. Добавление точечного объекта на карту

Пользовательские слои сохраняются в файле проекта.

| | |
|---|--|
| Загрузить слой | Загрузка слоя (файла в форматах KML, CSV). Формат файлов приведен в приложении. |
| Удалить слой | Удалить выбранный слой |
| Позиционировать карту на первую точку выбранного слоя | Позиционирование карты на первую точку выбранного пользовательского слоя |
| Сохранить точечные объекты выбранного слоя в CSV файл | Сохранение точечных объектов выбранного слоя в CSV файл |
| Наименование | Указать наименование слоя. Первоначально соответствует наименованию файла, но может быть изменено. |
| Показать | Показать/скрыть пользовательский слой на карте |
| Значок | Выбрать значок для элемента (только для точечных объектов) |
| Ширина линии | Выбрать ширину линии в пикселах (только для линейных объектов) |
| Цвет линии | Выбрать цвет линии (только для линейных объектов) |

Зона радиопокрытия

Управление слоем с результатом расчета зон радиопокрытия

| | |
|---------------|---|
| Показать слой | Показать/скрыть слой |
| Прозрачность | Установить прозрачность слоя из диапазона 0 (полностью прозрачный) – 10 (не прозрачный) |

Модель препятствий

Управление слоем модели препятствий. Отображение слоя возможно начиная с Zoom=11 и больше.

Цвета, которым отображаются препятствия:

нет Открытое пространство
 Водная поверхность

| | |
|---|-----------------------------|
|  | Лес |
|  | Пригородная застройка |
|  | Городская застройка |
|  | Плотная городская застройка |

| Показать слой | Показать/скрыть слой |
|---|---|
|  Загрузить модель препятствий для области экрана | Выполнить загрузку и отображения в пределах области экрана. Эта команда потребуется для отображения модели препятствий в том случае, если расчет зон радиопокрытия в данной области еще не выполнялся, так как при расчетах зон радиопокрытия модель препятствий на требуемую область загружается автоматически |
| Прозрачность | Установить прозрачность слоя из диапазона 0 (полностью прозрачный) – 10 (не прозрачный) |

Базовая карта

Управление слоем карты подложки (базовой карты)

| Показать слой | Показать/скрыть слой |
|----------------------------|---|
| Показать в оттенках серого | Показать текущую карту подложки в оттенках серого |
| Уровень оттенков серого | Установить яркость оттенков серого для слоя из диапазона 0 (темнее) – 3 (светлее) |

Сохранение результата расчета зон радиопокрытия

Результат расчета зон радиопокрытия любого типа может быть сохранен в виде интерактивной веб-страницы, растрового файла формата *.png или файла KMZ программы Google Earth (Google Планета Земля).



Сохранить результаты расчета в виде веб-страницы – сохранение результата расчета в виде интерактивной веб-страницы. Программа предложит пользователю выбрать место и имя папки, в которую сохранить результат, и затем, в указанную папку будет сохранен файл index.html (это скрипт страницы), файл bs.png (значок базовой станции), а также папка с пирамидой тайлов зоны радиопокрытия в стандартном формате {ZOOM}/{X}/{Y}. В скрипт страницы index.html записывается также слой пользовательских линейных и точечных объектов (вернее те из них, которые указаны как отображаемые), и если объектов много, то это может занять значительное время.

Для того, чтобы открыть веб-страницу, откройте файл index.html при помощи вашего браузера (Google Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer и пр.). Указанную папку со скриптом и пирамидой тайлов можно заархивировать и передать заказчику как законченный результат.

Также полученную страницу можно разместить на веб-сервере для просмотра в любом браузере и на любой из операционных систем (Windows, Mac, IOS, Android, Linux).

Веб-страница позволяет:

- Выбирать подложку из 4-х различных базовых карт;
- Отобразить/скрыть зону радиопокрытия;
- Отображать слой пользовательских линейных и точечных объектов;
- Изменять масштаб;
- Автоматически отображать основные данные из легенды;
- Отображать масштаб и текущие координаты курсора (в десятичной системе и ГМС);

Для работы веб-страницы нужен выход в интернет, так как базовые карты подложки загружаются с соответствующих ресурсов.

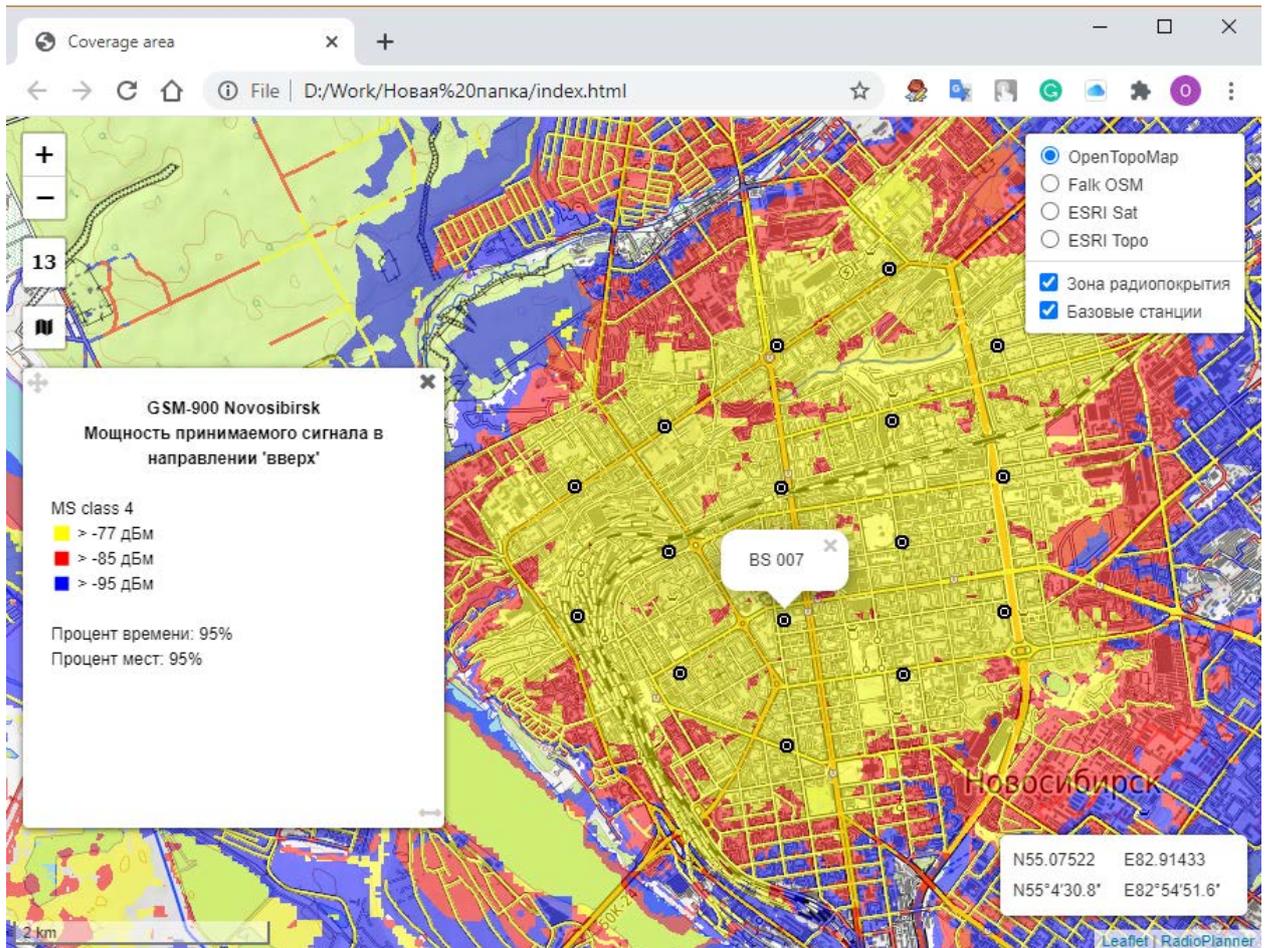


Рисунок 8. Пример результата расчетов в виде интерактивной веб-страницы

Папку с пирамидой тайлов можно использовать не только с полученным скриптом – ее, например, можно подключить к любой ГИС, поддерживающей работу с тайлами, что позволит демонстрировать результат расчета зон радиопокрытия в виде слоя на любой сторонней ГИС пользователя (QGIS, MapInfo, ArcGIS, SAS.Planet и других).



Сохранить результаты расчета в виде растрового файла в формате *.png – сохранение результата расчета в виде растрового файла в формате *.png.

Перед сохранением растрового файла пользователь может выбрать область сохраняемой зоны покрытия при помощи появляющейся рамки (при этом можно перемещать как границы рамки, так и саму карту).

При сохранении растрового файла пользователь также выбирает его детальность (разрешение). Детальность может соответствовать текущей или быть больше в 2 или 4 раза. Чем лучше детальность, тем больше размер сохраняемого файла. Максимальный размер сохраняемого растрового изображения составляет примерно 5400x4400 пикселей, размер файла в формате *.png при этом составляет около 10 МБ.

В левом нижнем углу сохраняемого изображения появится масштабная линейка.

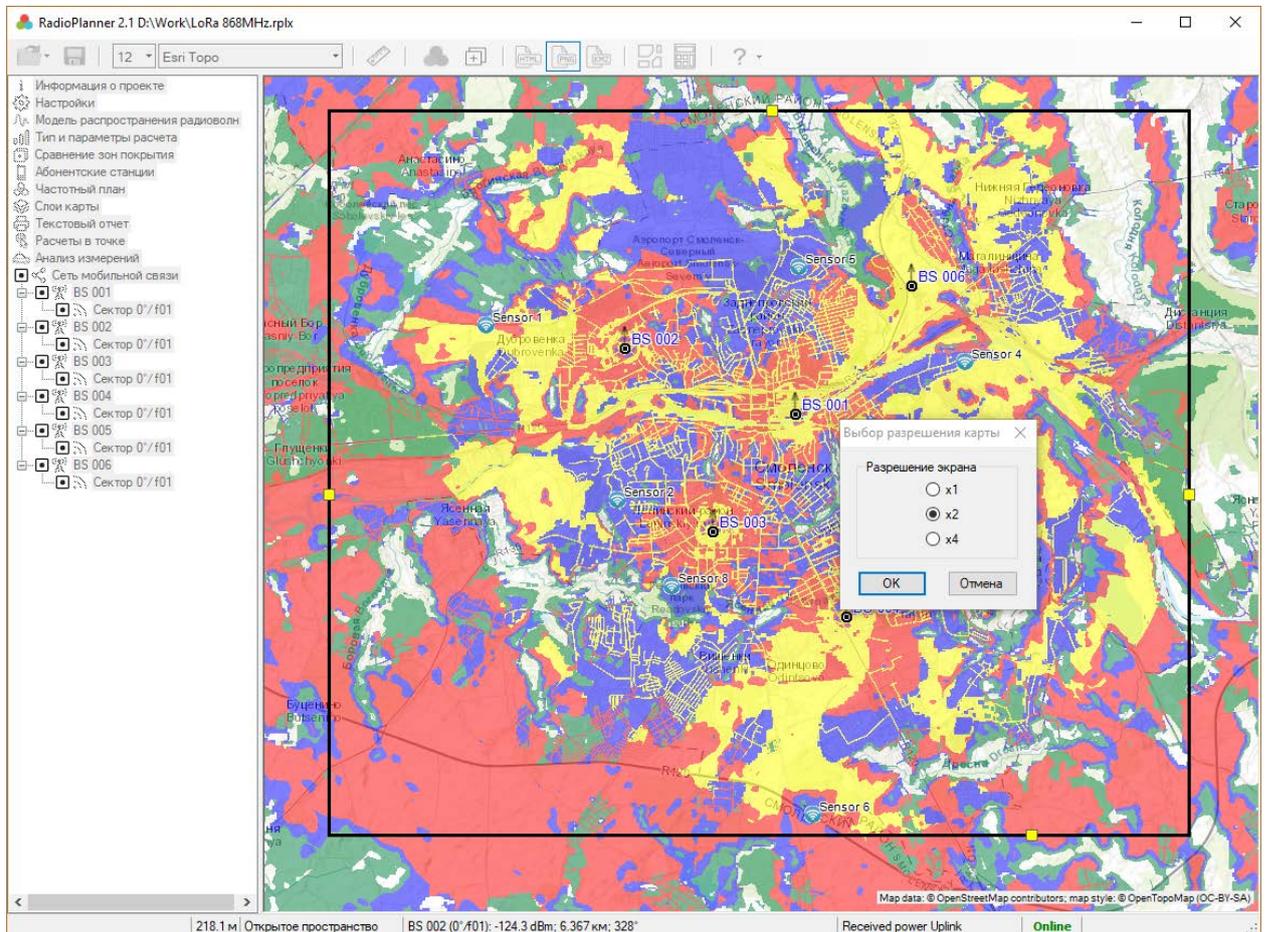


Рисунок 9. Выбор области и детальности сохраняемого изображения



Сохранить результат расчета в виде KMZ файла – сохранение результата расчета в виде файла KMZ, который можно открыть в программе Google Earth (Google Планета Земля).

Сравнение двух результатов расчета радиопокрытия

Программа позволяет выполнить визуальное сравнение результатов текущего расчета радиопокрытия с предварительно добавленным для подобного сравнения результатом расчета. Таким образом можно оценить влияние на результат покрытия, которое будет оказывать изменение различных параметров БС, модели распространения и т.д.

Для того, чтобы добавить выполненный расчет к сравнению нажмите  (**Добавить зону радиопокрытия с сравнению**) на верхней панели инструментов. Теперь при переходе в меню

Сравнение зон покрытия основной панели инструментов этот результат расчета будет располагаться в левой части экрана. При этом, в правой части экрана будет отображаться результат текущего расчета радиопокрытия (сейчас они будут одинаковые). Теперь, к примеру, можно изменить высоту сектора или секторов отдельных активных БС, и после выполнения расчета радиопокрытия можно будет увидеть, как эти изменения отобразились на результате по сравнению с предыдущим расчетом.

Управление картами в левой и правой панелях (сдвиг карт и изменение масштаба) независимо друг от друга. Управление картами осуществляется при помощи мыши – путем, соответственно, перетаскивания и вращения колесика. Управляя картами таким образом, можно в мелких деталях сравнить два результата расчета радиопокрытия.

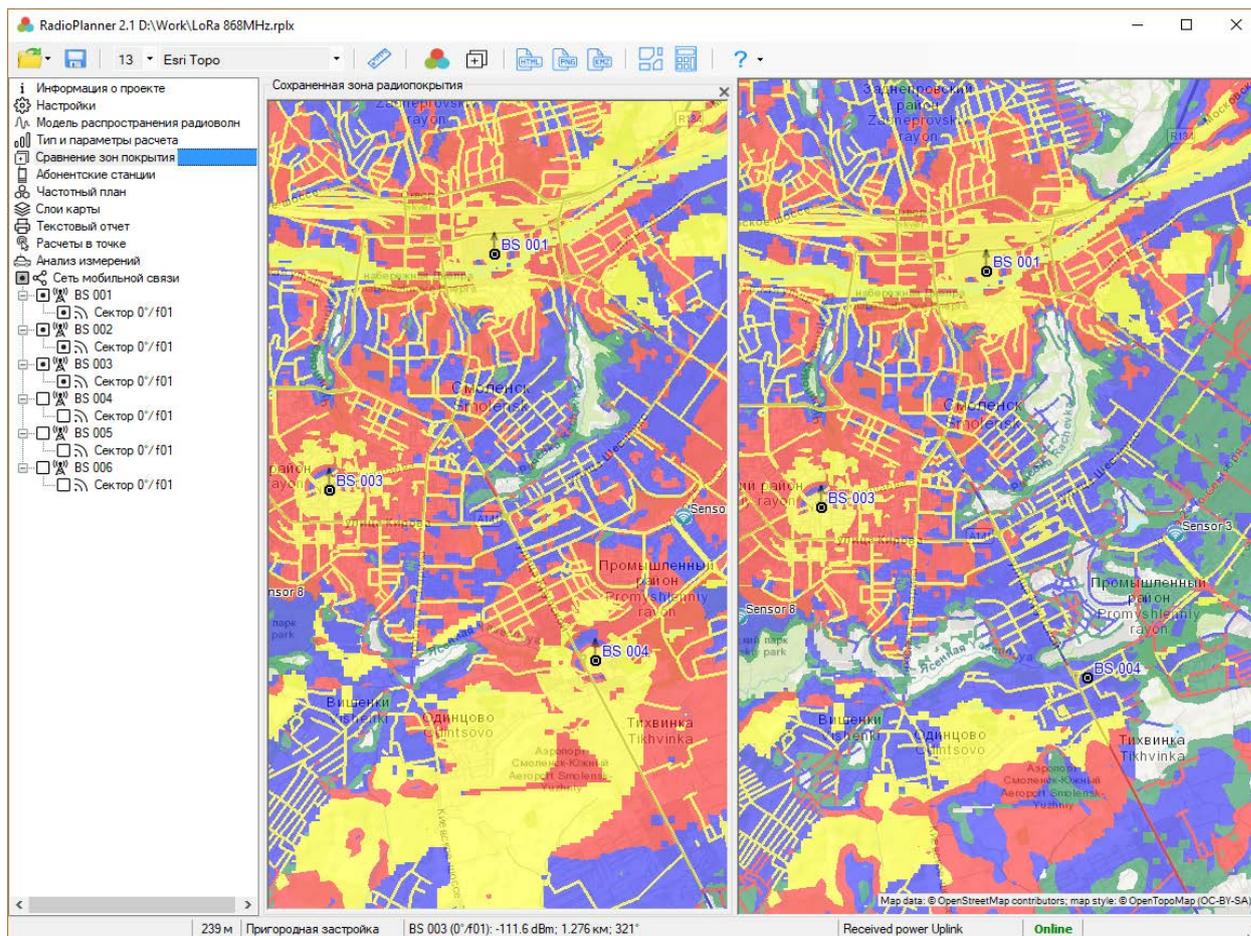


Рисунок 10. Сравнение результатов расчета радиопокрытия

Текстовый отчет

В меню **Текстовый отчет** можно сформировать несколько типов отчета по оборудованию – краткий, полный, для всех или только активных базовых станций.

Общий отчет для проекта
 Охват населения
 Только активные БС
 Все БС

Развернутый отчет для оборудования

1 of 1 | 100% | Find | Next

24.09.2020 16:51:20
RadioPlanner 2.1
Стр. 1 из 1

| | |
|---|---|
| Наименование проекта: | GSM-900 Novosibirsk |
| Заказчик: | |
| Дата: | 2018.12.21 10:52 |
| Тип системы: | Мобильная связь |
| Частота: | 900 МГц |
| Тип модели распространения радиоволн: | МСЭ-Р Р.1812-4 |
| Процент времени: | 95% |
| Процент мест: | 95% |
| Дополнительный запас на замирания: | 0 дБ |
| Место расположения антенны абонентской станции: | Антенны АС расположены ниже высот препятствий |
| Потери на препятствия: | Да |
| Тип расчета: | Received power Uplink |
| Учет помех по совмещенному каналу: | No |
| Учет помех по соседнему каналу: | No |

| | АС №1 | Площадь покрытия, км² |
|--|-----------|-----------------------|
| | > -77 дБм | 12.4 |
| | > -85 дБм | 38.5 |
| | > -95 дБм | 207.3 |

Параметры базовых станций

| № | Наименование БС | Широта Долгота | Азимут сект. | Тип антенны | Высота антен. | Наклон антен. | Усилен. ант., dBi | Мощн. прд., Вт | Потер и, дБ |
|---|-----------------|----------------|--------------|----------------------------|---------------|---------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1 | BS 001 | N55.060233° | 0° | 80010674_0947_x_co_m45_06t | 30 м | 0° | 14.6 | 4 | 1.3 |
| | | E82.913475° | 120° | 80010674_0947_x_co_m45_06t | 30 м | 0° | 14.6 | 4 | 1.3 |
| | | | 240° | 80010674_0947_x_co_m45_06t | 30 м | 0° | 14.6 | 4 | 1.3 |
| 2 | BS 002 | N55.054530° | 0° | 80010674_0947_x_co_m45_06t | 30 м | 0° | 14.6 | 4 | 1.3 |
| | | E82.899742° | 120° | 80010674_0947_x_co_m45_06t | 30 м | 0° | 14.6 | 4 | 1.3 |
| | | | 240° | 80010674_0947_x_co_m45_06t | 30 м | 0° | 14.6 | 4 | 1.3 |

Параметры абонентских станций

| Наименование АС | Мощность передатч., Вт | Чувствит. приемн., dBm | Ослабление в кабеле и коннекторах, дБ | Высота антенны | Усиление антенны, дБи |
|-----------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------------|
| MS class 4 | 2 | -95 | 0 | 1.5 м | 0 |
| none | 3 | -100 | 0 | 3 м | 3 |

Рисунок 11. Общий отчет для проекта

В общем отчете для проекта выводятся результаты расчета площади покрытия в квадратных километрах для соответствующих уровней на приеме.

При помощи панели инструментов, которая находится над отчетом, его можно отправить на печать, а также сохранить в форматах PDF, Microsoft Word или Excel.

Сети мобильной связи

Разработка ЧТП сети подвижной связи – это сложный итерационный процесс, на который влияет множество факторов. На практике, его проводят путем составления ЧТП для сети начального приближения с учетом требований к покрытию, количеству и распределению абонентов, качеству связи, имеющихся полос частот, особенностей используемого стандарта и прочим условиям. Затем выполняется расчет зоны радиопокрытия сети с учетом внутрисистемных помех для выбранного ЧТП и выполняется оптимизация параметров базовых станций и частотного плана с целью уменьшения влияния зон интерференции по совмещенным и соседним каналам на покрытие сети.

В задачу данного руководства не входит обучение пользователей принципам и особенностям частотно-территориального планирования сетей подвижной связи. На эту тему опубликовано достаточно литературы, в том числе и отечественных авторов, например, - Сотовые системы мобильной радиосвязи: учеб. пособие / В. Ю. Бабков, И. А. Цикин. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2013. —432 с.: ил. — (Учебная литература для вузов) ISBN 978-5-9775-0877-3.

Общая блок-схема алгоритма планирования сети подвижной связи приведена на рисунке 11, на ней показаны все основные этапы работы. Как можно заметить, если пользователю не требуется разработка частотно-территориального плана (ЧТП), а нужно лишь построить зону радиопокрытия без учета помех, то алгоритм значительно сокращается.

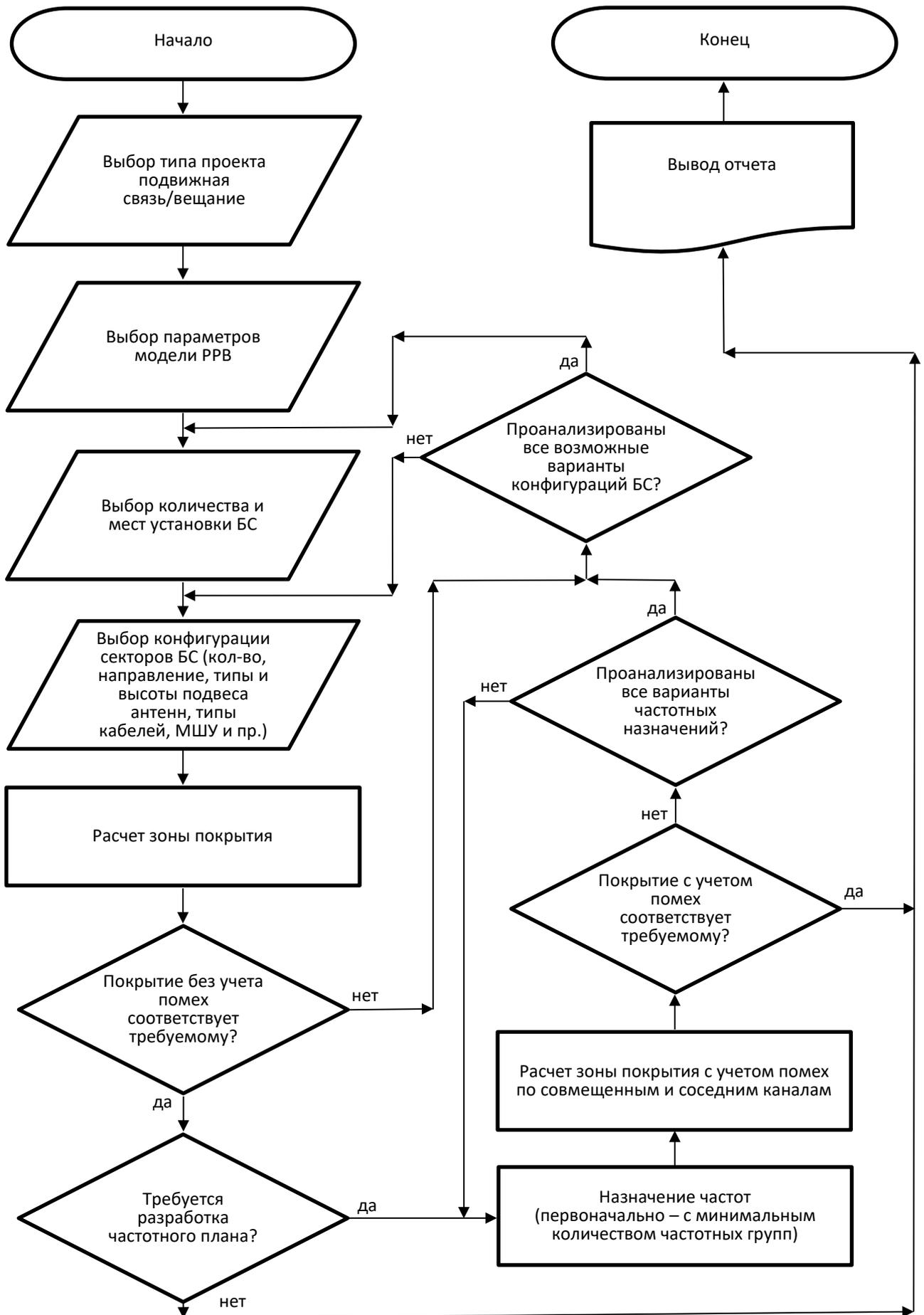


Рисунок 12. Общая блок-схема алгоритма работы с программой RadioPlanner

Абонентские станции

Ввод характеристик абонентских станций осуществляется в меню **Абонентские станции**.

Абонентские станции

Абонентская станция №1

Тип: Носимая AC PT560H

Мощность передатчика: 3 Вт

Чувствительность приемника: -103 дБм

Потери в кабеле и разъемах: 0 дБ

Высота антенны: 1.5 м

Козф. усиления антенны: 0 дБи

Абонентская станция №2

Тип: Мобильная AC MT 680 Plus

Мощность передатчика: 10 Вт

Чувствительность приемника: -103 дБм

Потери в кабеле и разъемах: 0 дБ

Высота антенны: 3 м

Козф. усиления антенны: 3 дБи

Рисунок 13. Форма “Абонентские станции”

| | |
|-----------------------------------|---|
| Тип | Наименование (модель) абонентской станции, текстовое поле |
| Мощность передатчика, Вт | Мощность передатчика, Вт |
| Чувствительность приемника, дБм | Чувствительность приемника, дБм |
| Потери в кабеле и разъемах, дБ | Потери в кабеле и разъемах, дБ |
| Высота антенны, м | Высота антенны относительно уровня земли, м |
| Коэффициент усиления антенны, дБи | Коэффициент усиления антенны, дБи |

Программа позволяет выполнять расчет зон радиопокрытия для двух абонентских станций, так как, например, в сетях профессиональной мобильной связи часто используются носимые и возимые абонентские станции, которые отличаются как энергетическими характеристиками, так и высотой расположения антенны относительно уровня земли.

Базовые станции

Ввод характеристик радиооборудования базовых станций осуществляется в меню **Сеть мобильной связи**. После первоначального запуска программы список базовых станций пуст.

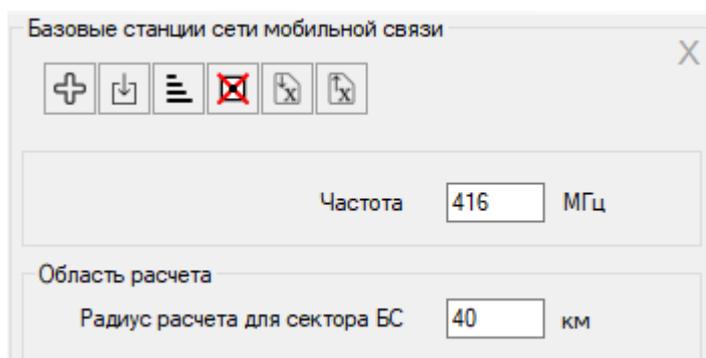


Рисунок 14. Форма “Базовые станции”

| | |
|-----------------------------------|---|
| Частота | Центральная частота частотного диапазона, МГц |
| Радиус расчета для сектора БС, км | Максимальный радиус расчета от базовых станций, км. Чем больше радиус, тем больше время расчета. |

Панель инструментов:



- создать новую базовую станцию;



- импортировать сайты из файла формата *.csv;



- сортировать базовые станции по наименованию в алфавитном порядке;



- удалить все активные базовые станции;



- импорт параметров базовых станций из документа Microsoft Excel;



- экспорт параметров активных базовых станций в Microsoft Excel.

Создание БС

Для того, чтобы создать базовую станцию, кликните мышью на строку меню **Сеть мобильной связи**,

а затем в открывшейся панели нажмите на кнопку , после чего программа предложит создать базовую станцию на основе одного из имеющихся шаблонов. Шаблон затем можно будет создать самостоятельно. После выбора пользователем шаблона, программа создаст новую базовую станцию с соответствующим количеством секторов.

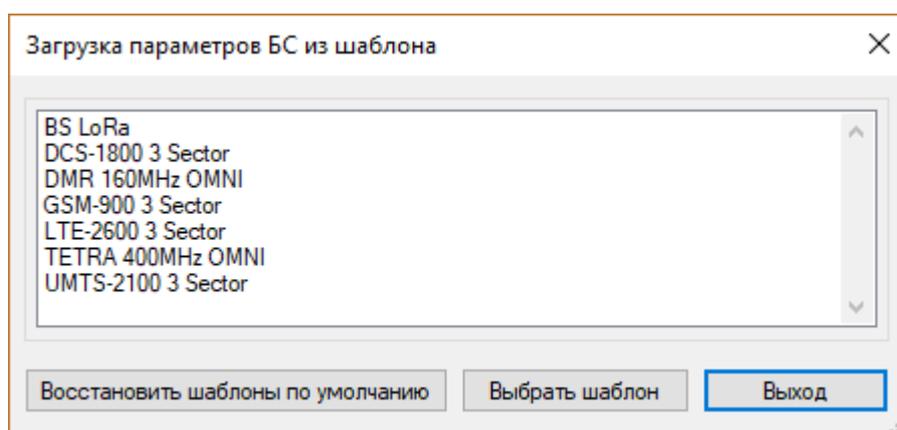


Рисунок 15. Выбор шаблона для новой БС

Импорт сайтов из файла *.CSV

Программа позволяет импортировать сайты из файлов формата CSV (текстовый формат, где разделителем значений колонок является символ “точка с запятой”). Это универсальный формат, в котором можно сохранить таблицу с сайтами из любого редактора таблиц (Excel, LibreOffice Calc и прочих), а также баз данных.

Необходимые поля для каждого из сайтов: Наименование; Широта; Долгота

Разделителем полей является символ “точка с запятой”.

Форматы представления координат - ПОЛУШАРИЕ ГРАДУСЫ МИНУТЫ СЕКУНДЫ (N35 36 23.8) или ПОЛУШАРИЕ ДЕСЯТИЧНЫЕ ГРАДУСЫ (N12.34567).

Для импорта сайтов нажмите на кнопку  (импорт сайтов из *.CSV) и выберите файл CSV, после чего программа предложит выбрать шаблон, на основе которого будут созданы новые базовые станции с координатами импортируемых сайтов.

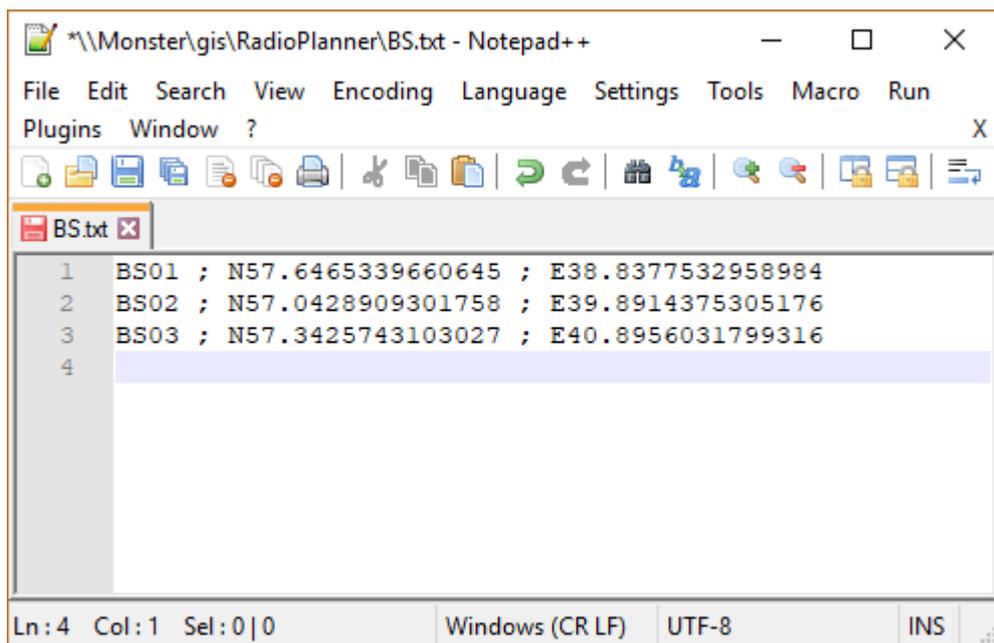


Рисунок 16. Пример файла CSV с импортируемыми сайтами

Импорт/экспорт параметров БС в таблицу Excel

Программа позволяет экспортировать параметры базовых станций в таблицу Microsoft Excel, а также импортировать данные из этой таблицы. Данная функция может ускорить подготовку и загрузку исходных параметров сети с большим количеством базовых станций, а также упростить обмен исходными данными между пользователем программы и заказчиком. С форматом таблицы можно ознакомиться, выполнив экспорт параметров сети базовых станций для одного из тестовых

примеров. Желательно, чтобы БС сети при этом имели конфигурацию с более чем одним сектором – это проекты GSM, 3G, LTE.

| № | A | B | C | D | E | F | G | H | I | Передающая антенна | | | | | | | | | | Pr | |
|----|--------|---|-------------|-------------|---|----------|-----|----|------|--------------------|----------------------|-----------|---------------|---------------|------------|-----------------|-------------------------------|---------------|----------------------|----|-----------|
| | | | | | | | | | | Азимут, град. | Тип антенны | Высота, м | Наклон, град. | Усиление, дБм | Тип кабеля | Длина кабеля, м | Дополнительное ослабление, дБ | Азимут, град. | Тип антенны | | Высота, м |
| 3 | BS 001 | | N55.060233° | E82.913475° | | RBS-2206 | 002 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 4 | | | | | | RBS-2206 | 006 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 5 | | | | | | RBS-2206 | 110 | 32 | -100 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 6 | BS 002 | | N55.054530° | E82.899742° | | RBS-2206 | 112 | 32 | -110 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 7 | | | | | | RBS-2206 | 008 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 8 | | | | | | RBS-2206 | 004 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 9 | BS 003 | | N55.054923° | E82.927551° | | RBS-2206 | 011 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 10 | | | | | | RBS-2206 | 005 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 11 | | | | | | RBS-2206 | 009 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 12 | BS 004 | | N55.050253° | E82.913990° | | RBS-2206 | 003 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 13 | | | | | | RBS-2206 | 007 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 14 | | | | | | RBS-2206 | 111 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 15 | BS 005 | | N55.046368° | E82.928753° | | RBS-2206 | 112 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 16 | | | | | | RBS-2206 | 008 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 17 | | | | | | RBS-2206 | 004 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 18 | BS 006 | | N55.045729° | E82.900257° | | RBS-2206 | 011 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 19 | | | | | | RBS-2206 | 005 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 20 | | | | | | RBS-2206 | 009 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 21 | BS 007 | | N55.040909° | E82.914248° | | RBS-2206 | 002 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 22 | | | | | | RBS-2206 | 006 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 23 | | | | | | RBS-2206 | 110 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 24 | BS 008 | | N55.037172° | E82.901545° | | RBS-2206 | 112 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 25 | | | | | | RBS-2206 | 008 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 26 | | | | | | RBS-2206 | 004 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 27 | BS 009 | | N55.032056° | E82.914762° | | RBS-2206 | 003 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 28 | | | | | | RBS-2206 | 007 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 29 | | | | | | RBS-2206 | 111 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 30 | BS 010 | | N55.037024° | E82.928925° | | RBS-2206 | 001 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 31 | | | | | | RBS-2206 | 005 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 32 | | | | | | RBS-2206 | 009 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 33 | BS 011 | | N55.050351° | E82.888756° | | RBS-2206 | 002 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 34 | | | | | | RBS-2206 | 006 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 35 | | | | | | RBS-2206 | 110 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 36 | BS 012 | | N55.041254° | E82.889185° | | RBS-2206 | 003 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 37 | | | | | | RBS-2206 | 007 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 38 | | | | | | RBS-2206 | 111 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 39 | BS 013 | | N55.065689° | E82.927208° | | RBS-2206 | 112 | 32 | -104 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 0 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 40 | | | | | | RBS-2206 | 008 | 32 | -104 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 120 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |
| 41 | | | | | | RBS-2206 | 004 | 32 | -104 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 | 15.5 | LDF4-50A | 3 | 0.5 | 240 | 7329.06_2_1880_6.MSI | 30 | 0 |

Рисунок 17. Пример таблицы

Особенности, которые следует учитывать при импорте/экспорте таблицы:

1. Экспорт параметров в таблицу выполняется только для активных базовых станций;
2. При выполнении импорта из таблицы, импортируемые базовые станции добавятся к уже имеющимся БС текущего проекта. То есть если вам нужно полностью заменить информацию по базовым станциям, то перед выполнением импорта следует удалить существующие базовые станции из проекта.
3. При выполнении импорта из таблицы Excel файлы диаграмм направленности антенн должны находиться в одной папке с файлом Excel.
4. Если в секторе БС антенно-фидерный тракт передачи и приема общий, то при подготовке таблицы можно заполнить параметры АФТ только для передающего тракта, а параметры АФТ приемного тракта не заполнять – просто оставить пустыми соответствующие ячейки таблицы.

Рисунок 18. Форма “Параметры базовой станции”

При клике мышью в панели интерфейса Tree View на созданной базовой станции откроется панель **Параметры базовой станции**, в которой можно редактировать наименование, координаты, указать дополнительную текстовую информацию о базовой станции, а также узнать высотную отметку базовой станции относительно уровня моря. Кроме этого, при помощи размещенной здесь панели инструментов можно выполнить следующие действия:



- создать новую базовую станцию как копию этой;



- переместить вверх или вниз по списку данную базовую станцию;



- удалить базовую станцию;



- загрузить параметры базовой станции из шаблона;



- сохранить параметры данной базовой станции (включая параметры всех ее секторов) в качестве шаблона;



- позиционировать карту на данную базовую станцию.

| | |
|--------------|--|
| Наименование | Наименование базовой станции, текстовое поле. |
| Широта | Географическая широта базовой станции в формате, заданном пользователем в Настройках |
| Долгота | Географическая долгота базовой станции в формате, заданном пользователем в Настройках |

| | |
|---------------------------|--|
| Высотная отметка земли, м | Отметка земли относительно уровня моря, м, определяемая по введенным выше географическим координатам |
| Прочая информация | Текстовое поле для любой дополнительной информации по данной базовой станции |

При создании базовой станции автоматически создается как минимум один сектор этой базовой станции.

В панели интерфейса Tree View рядом с каждой базовой станцией и сектором есть значок активности. Для того чтобы для сектора производились вычисления, данный сектор должен быть отмечен как активный (точка в центре значка).

При клике мышью на секторе базовой станции откроется панель с параметрами данного сектора.

Панель инструментов:



- создать новый сектор как копию текущего;



- переместить вверх или вниз по списку текущий сектор;



- удалить сектор;



- групповое изменение параметров активных секторов на основе параметров текущего сектора;



- позиционировать карту на данную базовую станцию;

Параметры сектора

Наименование Мощность передатчика Вт

Частотная группа Чувствительность приемника дБм

Тип оборудования Выигрыш от разнесенного приема дБ

Антенно-фидерный тракт передачи и приема общий

| | Потери в перед. тракте | Потери в приемном тракте |
|------------------|---|---|
| Тип кабеля | <input type="text" value="LDF5-50A 7/8"/> | <input type="text" value="LDF5-50A 7/8"/> |
| Длина кабеля | <input type="text" value="20"/> м | <input type="text" value="20"/> м |
| Потери в кабеле | <input type="text" value="0.8"/> дБ | <input type="text" value="0.8"/> дБ |
| Дополн. потери | <input type="text" value="0.5"/> дБ | <input type="text" value="0.5"/> дБ |
| Суммарные потери | <input type="text" value="1.3"/> дБ | <input type="text" value="1.3"/> дБ |

| | Передающая антенна | Приемная антенна |
|----------------------|---|---|
| Высота антенны | <input type="text" value="30"/> м | <input type="text" value="30"/> м |
| Коэффициент усиления | <input type="text" value="14.6"/> дБи | <input type="text" value="14.6"/> дБи |
| Азимут | <input type="text" value="0"/> град. | <input type="text" value="0"/> град. |
| Наклон | <input type="text" value="0"/> град. | <input type="text" value="0"/> град. |
| Наименование антенны | <input type="text" value="80010674_0947_x_co_m45_0"/> | <input type="text" value="80010674_0947_x_co_m45_0"/> |

Диаграммы направленности в дБ:

- горизонтальная

- вертикальная

Файл измерений Active

Рисунок 19. Форма “Параметры сектора”

| | |
|---------------------------|---|
| Наименование | Наименование сектора, текстовое поле. Если оставить это поле пустым, то слева в панели tree view будет автоматически выводиться наименование “Сектор азимут” со значением азимута, указанного ниже в панели параметров сектора. Если в этом поле указать наименование, то оно будет отображено в tree view. |
| Частотная группа, f01-f10 | Наименование частотной группы, к которой принадлежит данный сектор. |
| Тип радиооборудования | Модель радиооборудования, текстовое поле. |
| Мощность передатчика, Вт | Мощность передатчика, Вт |

| | |
|--|--|
| Чувствительность приемника, дБм | Чувствительность приемника, дБм. Этот параметр учитывается при выполнении расчета радиопокрытия типа “Расчет с учетом баланса мощности”, а также при детальном расчете в точках. Следует учитывать, что для оборудования, работающего в диапазоне частот до 1 ГГц в качестве чувствительности приемника лучше указывать чувствительность приемника, ограниченную промышленным радишумом (индустриальными радиопомехами) - см. раздел Калькулятор промышленных помех. |
| Выигрыш от разнесенного приема, дБ | Выигрыш за счет применения в приемном тракте разнесенного приема, дБ |
| Антенно-фидерный тракт передачи и приема общий | Копирование параметров антенно-фидерного тракта передачи в тракт приема. |
| Тип кабеля | Выбор типа основного кабеля для тракта передачи или приема из предлагаемого набора. |
| Длина кабеля, м | Длина основного кабеля, м |
| Потери в кабеле, дБ | Потери в кабеле, дБ. Расчетная величина |
| Дополнительные потери, дБ | Дополнительные потери, дБ – потери на объединение, потери в джамперах и коннекторах. Любые дополнительные потери в тракте. |
| Суммарные потери, дБ | Суммарные потери, дБ. Расчетная величина. |
| Высота антенны, м | Высота центра излучения антенны относительно уровня земли, м |
| Коэффициент усиления, дБи | Коэффициент усиления антенны относительно изотропного излучателя, дБ |
| Азимут, градусы | Азимут антенны в градусах. |
| Наклон, градусы | Наклон антенны в градусах. Отрицательная величина – наклон вниз. Положительная величина – отклонение вверх. |
| Наименование антенны | Наименование антенны, текстовое поле. Автоматически заполняется названием файла диаграммы направленности антенны при выборе диаграммы направленности. |
| Файл измерений | Файл с результатами измеренной уровня сигнала в данном секторе в направлении “вниз”. См. подробнее в разделе “Импорт результатов измерений и настройка параметров модели расчета”. |

Файл диаграммы направленности антенн – стандартный файл в формате MSI, который можно скачать с сайта производителя антенны. На установочном диске записан архив с распространенными антеннами ANTENNAS.rar. Данные файла диаграммы направленности антенн интегрируются в файл проектов.

Групповое изменение параметров активных секторов на основе параметров текущего сектора – полезная функция, которая позволяет мгновенно поменять параметры любого количества секторов в соответствии с теми параметрами текущего сектора, которые будут выбраны пользователем.

Для того, чтобы выполнить групповое изменение параметров, необходимо:

1. Отметить секторы, параметры которых необходимо поменять;
2. Установить в текущем секторе новые значения параметров;
3. Нажать на кнопку , выбрать в появившемся перечне наименования тех параметров, которые требуется поменять в выбранных секторах, и нажать на кнопку ОК.

Контекстное меню на базовой карте

При клике правой кнопкой мыши на базовой карте появляется контекстное меню, в котором можно:

1. Создать новую базовую станцию в указанной точке;
2. Изменить местоположение текущей (выделенной) базовой станции;
3. Открыть параметры ближайшей базовой станции (поместить фокус на...)

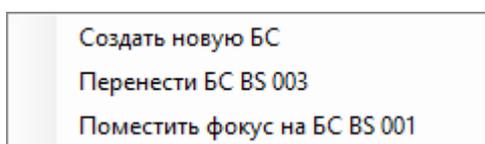


Рисунок 20. Пример контекстного меню

Модели распространения радиоволн

В этой панели выбирается тип модели распространения радиоволн и устанавливаются ее параметры.

RadioPlanner 2.1 позволяет использовать следующие модели распространения радиоволн:

- модель в соответствии с рекомендацией МСЭ-R P.1812-4 (для проектов типа *Мобильная связь*, а также *ТВ и РВ вещания*);
- модель в соответствии с рекомендацией МСЭ-R P.1546-6 (только для проектов ТВ и РВ вещания);
- модель Лонгли-Райса или ITM (Longley-Rice, Irregular Terrain Model) (пока только для проектов *ТВ и РВ вещания*);
- комбинированная модель, учитывающая рекомендации МСЭ-R P.528-3 и P.526-14 (только для авиационной радиосвязи см. раздел **Авиационная радиосвязь**);

Модель МСЭ-R P.1812-4

Это современная, ГИС – ориентированная, детерминированная модель, которая описывается в рекомендации МСЭ-R P.1812-4 (05/2015) “Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб "из пункта в зону" в диапазонах УВЧ и ОВЧ” (A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands). Модель МСЭ-R P.1812-4 относится к типу детерминированных моделей, то есть тех, которые описывают распространение радиоволн учитывая реальные физические явления.

В модели учитываются следующие факторы, влияющие на распространение радиоволн:

- дифракционные потери на трассе с учетом профиля местности, извлекаемого из цифровой модели высот SRTM;
- влияние местных окружающих препятствий, информация о которых извлекается из цифровой модели препятствий;
- временная и пространственная нестабильность принимаемого радиосигнала (медленные и быстрые замирания на трассе);

Модель распространения радиоволн

Тип модели распространения радиоволн

МСЭ-R P.1812-4

Процент времени и мест

Необходимый процент времени %

Необходимый процент мест %

Дополнительный запас на замирания

Дополнительный запас на замирания дБ

Место расположения антенны абонентской станции (АС)

Антенны АС расположены ниже высот препятствий

Антенны АС расположены на уровне высот препятствий

Антенны АС расположены на открытой местности

Потери на препятствиях

Добавить потери на препятствиях

Расчет потерь в соответствии рек. МСЭ-R P.1812-4*

| Тип препятствия | Потери для АС №1, дБ | Потери для АС №2, дБ | Высота преп., м |
|------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Открытое прос... | 0 | 0 | 0 |
| Водная поверх... | 0 | 0 | 0 |
| Лес | 22,3 | 21,6 | 15 |
| Пригородная з... | 18,2 | 17,1 | 10 |
| Городская зас... | 22,3 | 21,6 | 15 |
| Плотная город... | 24,9 | 24,4 | 20 |

* - потери на препятствиях в соответствии с МСЭ-R P.1812-4 рассчитываются для текущей частоты и высот АС

Модель препятствий

Исходная ЦМП Пользовательская ЦМП

Рисунок 21. Панель “Модель распространения радиоволн”

В соответствии с рекомендацией МСЭ-R P.1812-4 в открывающейся форме необходимо указать следующие параметры модели:

Процент мест, % - устанавливается процент по месту, для которого будет выполнен расчет (обычно 90-95%);

Процент мест может меняться от 1% до 99%, модель не действительна для процента местоположений менее 1% или более 99%.

Процент времени, % - устанавливается процент по времени, для которого будет выполнен расчет (обычно 90-95%);

Дополнительный запас на замирания, дБ – здесь можно установить дополнительный запас на замирания, который будет учитываться при расчетах (например, экранирование сигнала телом человека);

Место расположения антенны абонентской станции (АС):

- **Антенны АС расположены ниже высот препятствий** - устанавливается для обычных городских условий;
- **Антенны АС расположены на уровне высот препятствий** – устанавливается при расчете ТВ приема;
- **Антенны АС расположены на открытой местности** – устанавливается для сельской местности

Потери на препятствиях

Программа позволяет учесть потери мощности сигнала на местных препятствиях в зависимости от характера местности, окружающих абонентскую станцию.

В цифровой модели препятствий (ЦМП), которая используется в программе, каждый элемент матрицы может иметь одно из следующих значений: открытое пространство, водная поверхность, лес, пригородная застройка, городская застройка, плотная городская застройка. В качестве источника данных о препятствиях использовались данные проекта OpenStreetMap (www.openstreetmap.org). Детальность оцифрованной застройки – кварталы. Горизонтальный шаг оцифровки данных ЦМП примерно 15 метров.

Пользователь может задать величину потерь на препятствиях вручную для каждого типа, основываясь на сторонних данных о величине потерь – для этого нужно указать **Добавить потери на препятствиях** и ввести в таблицу соответствующие потери.

Также можно определить потери в соответствии с рекомендацией МСЭ-R P.1812-4, согласно которой величина потерь на препятствиях определяется:

- частотным диапазоном;
- высотой антенны абонентской станции;
- шириной улиц;
- средней (типовой) высотой препятствий;
- типом препятствий.

Частотный диапазон задается в меню **Сеть мобильной связи**, высота антенны для каждого из двух типов абонентских станций (обычно это носимая и возимая АС) - в меню **Абонентские станции**,

типовая ширина улиц принята равной 27м (в соответствии с МСЭ-R P.1812-4 при отсутствии местных данных), тип препятствий в каждой точке определяется цифровой моделью препятствий.

Чтобы определить потери по рек. МСЭ-R P.1812-4 пользователю необходимо выбрать **Расчет потерь в рек. МСЭ-R P.1812-4** и указать в таблице среднюю высоту препятствий каждого типа исходя из местных условий. Данные по умолчанию согласно рекомендации МСЭ-R P.1812-4:

| Тип местности | Типовая высота, м |
|-----------------------------|-------------------|
| Водная поверхность | 0 |
| Открытое пространство | 10 |
| Лес | 15 |
| Пригородная застройка | 10 |
| Городская застройка | 15 |
| Плотная городская застройка | 20 |

Модель препятствий – Исходная ЦМП /Пользовательская ЦМП.

Выбор цифровой модели препятствий, которая будет использоваться для расчетов – исходная ЦМП (поставляемая по умолчанию) или Пользовательская ЦМП. Пользовательская ЦМП создается в Редакторе модели препятствий – см. соответствующий раздел.

Тип и параметры расчета

В этой форме выбирается тип расчета, а также его параметры.

Для проектов типа “Мобильная связь” форма позволяет выбрать следующие типы расчетов:

- Мощность на приеме в направлении “вниз”;
- Мощность на приеме в направлении “вверх”;
- Расчет радиопокрытия с учетом баланса мощности;
- Зоны максимального уровня мощности на приеме (strongest server);
- C/I в направлении “вниз”;
- Количество доступных секторов в направлении "вверх" (Number of servers above uplink)

Тип и параметры расчета

Тип расчета
Received power Uplink

Детальность расчета
 Низкая Средняя Высокая

Уровни для абонентской станции №1
 3 Количество уровней

| Цвет | Уровни | Описание |
|--------|---------------|----------|
| Yellow | > -77 дБм | |
| Red | -85 ÷ -77 дБм | |
| Blue | -95 ÷ -85 дБм | |

Уровни для абонентской станции №2
 Выполнять расчет для AC №2

| Цвет | Уровень | Описание |
|-------|------------|----------|
| Green | > -102 дБм | |

Учитывать помехи по совмещенному каналу
 Учитывать помехи по соседнему каналу
 Учитывать пороговый уровень приемника

Рисунок 22. Мощность на приеме в направлении “вверх”

| | |
|---------------------|--|
| Детальность расчета | <ul style="list-style-type: none"> - Низкая - Средняя - Высокая <p>Детальность, с которой будет представлен результат расчета. При этом разрешение соответствует одному пикселю экрана для zoom=11 (низкая детальность), zoom=12 (средняя) и zoom=13 (высокая). Для географической широты 55 градусов это примерно 40, 20 и 10 метров соответственно. Чем выше детальность, тем больше время расчета.</p> |
| Количество уровней | Количество уровней принимаемой мощности сигнала |

| | |
|---------------------------------------|--|
| Цвет | Цвет уровня принимаемой мощности сигнала |
| Уровень, дБ | Уровень принимаемой мощности, дБ |
| Описание | Текстовое поле как описание для каждого из уровней сигнала |
| Учитывать пороговый уровень приемника | Исключать из покрытия зоны с уровнем, который меньше пороговых уровне приемников абонентских станций для направления "вниз" или приемников базовых станций для направления "вверх" |

Мощность на приеме в направлении “вниз” или “вверх” (Received power Downlink/Uplink)

При этом типе расчета на базовой карте отображаются различными цветами области, где на приемнике присутствует соответствующий диапазон уровней мощности сигнала.

Для абонентской станции №1 можно установить от одного до восьми различных уровней принимаемого сигнала, и таким образом смоделировать различные условия приема (например, на улице, внутри салона автомобиля, внутри помещений и т.д.) или различные скорости передачи данных.

Для абонентской станции №2, в качестве которой предполагается возимая абонентская станция с размещением антенны на крыше автомобиля, можно установить только один уровень сигнала.

В расчете также можно учесть внутрисистемные помехи по совмещенному и соседним каналам, отметив соответствующие чек-боксы в нижней части панели. При этом зоны, где интерференция по совмещенному и/или соседним каналам превышает допустимую, будут исключены из зоны покрытия. Полезным сигналом принимается сигнал с максимальным уровнем в данной точке.

Для учета помех необходимо указать предельно допустимые уровни помех по совмещенному (C/I) и соседним (C/A) каналам, полосу пропускания канала, а также указать и номиналы частот (только для расчета помех по соседним каналам) - эти параметры вводятся в меню **Частотный план**. Кроме того, должны быть назначены частотные группы для каждого сектора БС в параметрах секторов. Расчет помех выполняется только для одного типа абонентской станции – АС №1.

Расчет с учетом баланса мощности (Areas with Signal Levels above Both the Base a Mobile Threshold)

При выполнении расчета с учетом баланса мощности программа сначала выполняет сравнение энергетики направлений “вверх” и “вниз” для сектора базовой станции и затем производит расчет радиопокрытия для того направления, у которого меньше уровень сигнала на приеме. При расчете баланса мощности используются параметры АФУ, мощности передатчиков и чувствительности приемников для базовых и абонентских станций, указанных в соответствующих меню.

Расчет покрытия с учетом баланса мощности можно выполнить для разных условий использования абонентской станции №1 (носимой), например - в помещениях, вне помещений и внутри автомобиля. Каждому условию использования соответствует свой цвет и свое значение потерь (запаса) на проникновение сигнала, которое указываются в поле формы.

Для мобильной станции №2 выполняется расчет вне помещений.

| | |
|--------------------|---|
| Количество уровней | Количество отображаемых зон радиопокрытия |
|--------------------|---|

| | |
|---------------------------------------|--|
| Цвет | Цвет зоны радиопокрытия |
| Потери на проникновения, дБ | Величина потерь на проникновение, дБ |
| Описание | Текстовое поле как описание для каждого из зон |
| Учитывать пороговый уровень приемника | Исключать из покрытия зоны с уровнем, который меньше пороговых уровне приемников абонентских станций для направления "вниз" или приемников базовых станций для направления "вверх" |

Тип и параметры расчета

Тип расчета
Areas with Signal Levels above Both the Base and Mobile Thres

Детальность расчета
 Низкая Средняя Высокая

Зоны покрытия для абонентской станции №1
 3 Количество уровней

| Цвет | Потери на проникновение | Описание |
|--------|-------------------------|---------------|
| Yellow | 18 дБ | Внутри зданий |
| Red | 10 дБ | В автомобиле |
| Blue | 0 дБ | Вне помещений |

Зоны покрытия для абонентской станции №2
 Выполнять расчет для AC №2

| Цвет | Потери на проникновение | Описание |
|--------|-------------------------|----------|
| Purple | 0 дБ | Outdoors |

Учитывать пороговый уровень приемника

Рисунок 23. Расчет с учетом баланса мощности

Зоны максимального уровня мощности на приеме (Strongest server Downlink)

В данном типе расчета на базовой карте отображаются области, в которых мощность на приеме в направлении "вниз" от соответствующего сектора БС больше, чем от секторов других БС. При этом цвета, которыми обозначаются зоны от различных секторов могут быть назначены автоматически из стандартного набора, либо назначены в соответствии с таблицей частотных групп.

Тип и параметры расчета

Тип расчета
Strongest (most likely) Server Downlink

Детальность расчета
 Низкая Средняя Высокая

Минимальный пороговый уровень дБм

Цвета зон для расчета Strongest Server
 Использовать автоматическое назначение цветов
 Использовать цвета из таблицы

| | Группа каналов | Цвет |
|---|----------------|---------------|
| ▶ | f01 | красный |
| | f02 | зеленый |
| | f03 | синий |
| | f04 | голубой |
| | f05 | розовый |
| | f06 | желтый |
| | f07 | белый |
| | f08 | розовый |
| | f09 | оранжевый |
| | f10 | зеленый |
| | f11 | темно-зеленый |
| | f12 | фиолетовый |

Учитывать пороговый уровень приемника

Рисунок 24. Расчет Strongest Server

| | |
|---|--|
| Минимальный пороговый уровень, дБм | Минимальный уровень принимаемого сигнала для расчета Strongest (Most likely) Server |
| Использовать автоматическое назначение цветов | Назначение цветов секторам БС выполняется автоматически из стандартного набора |
| Использовать цвета из таблицы | Назначение цветов секторам БС выполнится по таблице в соответствии с цветами частотных групп |
| Учитывать пороговый уровень приемника | Исключать из покрытия зоны с уровнем, который меньше порогового уровня приемника абонентской станции |

C/I в направлении “вниз” (C/I Downlink ratio using channel plan)

Необходимое значение соотношения C/I (сигнал/помеха) на входе приемника является одной из характеристик, определяющей качество частотно-территориального планирования сети.

Программа позволяет выполнить расчет и отобразить зоны с различными значениями C/I для помех по совмещенному и соседним каналам на входе приемника абонентской станции.

Алгоритм вычисления C/I следующий:

- Определяется сигнал с максимальным уровнем в заданной точке, этот сигнал принимается как полезный.
- Рассчитывается сумма мощностей мешающих сигналов – сигналов от секторов базовых станций, превышающих минимальный уровень на приеме и работающих на совмещенном или соседних каналах. Мощность соседнего канала определяется с учетом ослабления по соседнему каналу.
- Затем вычисляется окончательное соотношение C/I.

Учет помех по соседнему каналу можно отключить, в этом случае будут учитываться только помехи по совмещенному каналу.

Рисунок 25. Параметры расчета радиопокрытия для C/I на входе приемника АС

| | |
|------------------------------------|---|
| Минимальный пороговый уровень, дБм | Минимальный уровень мощности на входе приемника, учитываемый программой при расчетах, дБм |
| Количество уровней | Количество отображаемых уровней C/I |
| Цвет | Цвет уровня |
| Уровень, дБ | Значение соотношения C/I, дБ |
| Описание | Текстовое поле |

| | |
|---------------------------------------|--|
| Учитывать пороговый уровень приемника | Исключать из покрытия зоны с уровнем, который меньше порогового уровня приемника абонентской станции |
|---------------------------------------|--|

Для учета помех по совмещённому каналу достаточно указать в параметрах сектора БС частотную группу, на которой будет работать сектор. Для учета помех по соседним каналам необходимо заполнить таблицу с частотными группами конкретными номиналами частот, указать полосу канала и следующие параметры: C/I – допустимое значение отношения мощности сигнала к суммарной мощности помехи по совмещенному каналу приема, и C/A – допустимое значение отношения мощности сигнала к суммарной мощности помехи по соседнему каналу приема (см. раздел **Частотный план**).

Количество доступных секторов в направлении "вверх" (Number of servers above uplink)

При выполнении этого расчета на базовой карте отображаются зоны возможного размещения абонентских станций с обозначением количества секторов БС, уровень на приеме у которых выше заданного порогового уровня. Данный тип расчета часто требуется при планировании сетей на основе беспроводных технологий IoT LPWAN: LoRa, "СТРИЖ" и других.

Рисунок 26. Количество доступных секторов в направлении "вверх"

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| Детальность расчета | - Низкая - Средняя - Высокая |
|---------------------|------------------------------------|

| | |
|---------------------------------------|---|
| | Детальность, с которой будет представлен результат расчета. При этом разрешение соответствует одному пикселю экрана для zoom=11 (низкая детальность), zoom=12 (средняя) и zoom=13 (высокая). Для географической широты 55 градусов это примерно 40, 20 и 10 метров соответственно. Чем выше детальность, тем больше время расчета. |
| Минимальный пороговый уровень, дБм | Минимальный уровень мощности на входе приемника сектора БС, учитываемый программой при расчетах, дБм |
| Максимальное количество секторов | Максимальное количество показываемых доступных секторов в направлении "вверх" |
| Цвет | Цвет, обозначающий соответствующее количество доступных секторов |
| Описание | Текстовое поле |
| Учитывать пороговый уровень приемника | Исключать из покрытия зоны с уровнем, который меньше порогового уровня приемника соответствующей базовой станции |

Частотный план

В меню **Частотный план** выполняется ввод номиналов частот для частотных групп. Кроме того, здесь же задаются ряд других параметров, влияющих на внутрисистемные помехи.

Частотный план X

Дуплексный режим Симплексный режим

Частота МГц

| | f01 "вниз" | f01 "вверх" | f02 "вниз" | f02 "вверх" | f03 "вниз" | f03 "вверх" | f04 "вниз" | f04 "вверх" | f05 "вниз" | f05 "вверх" | f06 "вниз" | f06 "вверх" |
|---|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| ▶ | 953.8000 | 908.8000 | 953.6000 | 908.6000 | 953.4000 | 908.4000 | 953.2000 | 908.2000 | 953.0000 | 908.0000 | 952.8000 | 907.8000 |
| | 951.0000 | 906.0000 | 950.8000 | 905.8000 | 950.6000 | 905.6000 | 950.4000 | 905.4000 | 950.2000 | 905.2000 | 950.0000 | 905.0000 |
| | 948.6000 | 903.6000 | 948.4000 | 903.4000 | 948.2000 | 903.2000 | 948.0000 | 903.0000 | 947.8000 | 902.8000 | 947.6000 | 902.6000 |
| | 946.2000 | 901.2000 | 946.0000 | 901.0000 | 945.8000 | 900.8000 | 945.6000 | 900.6000 | 945.4000 | 900.4000 | 945.2000 | 900.2000 |
| * | | | | | | | | | | | | |

Ширина полосы радиоканала МГц

Минимально допустимое значение C/I по совмещенному каналу дБ

Минимально допустимое значение C/A по соседнему каналу дБ

Рисунок 27. Частотный план

| | |
|---|---|
| Дуплексный/Симплексный режим | Режим работы сети, в соответствии с которым будет сформирована сетка частот |
| Ширина полосы радиоканала, МГц | Ширина полосы радиоканала, МГц. Исходя из этой величины, программа определяет какие каналы являются соседними. Каналы будут являться соседними, если модуль разности номиналов частот меньше или равен ширине полосы радиоканала. |
| Минимально допустимое значение C/I по совмещенному каналу, дБ | Минимально допустимое значение отношения мощности сигнала к суммарной мощности помех по совмещенному каналу, дБ |
| Минимально допустимое значение C/A по совмещенному каналу, дБ | Минимально допустимое значение отношения мощности сигнала к суммарной мощности помех по соседнему каналу, дБ |

Типовые значения C/I и C/A для некоторых систем:

- GSM C/I=9 дБ, C/A=-9дБ
- TETRA (модуляция $\pi/4$ -DQPSK) C/I=19 дБ, C/A=-40дБ

Расчеты в точке

В меню **Расчеты в точке** отображаются подробные результаты расчета уровней мощности в направлениях “вниз” и “вверх” в произвольной точке размещения абонентской станции для базовых станций, с которыми возможно установление связи, а также уровней помех по совмещенному и соседним каналам.

После входа в меню открывается панель, в которой отображается продольный профиль от выбранного сектора базовой станции до текущей точки, при этом на карте появляется соответствующий интервал. Текущую точку на карте можно изменить, просто кликнув мышью в нужном месте. Профиль представляет собой вертикальный разрез местности между базовой и абонентской станцией с нанесенной информацией о высотных отметках земли, о границах лесных массивов, границах и типах застройки. Цвета, которыми обозначаются различные препятствия на профиле соответствуют цветам модели препятствий.

На продольном профиле показываются высоты центра излучения антенны выбранного сектора БС и абонентской станции, а также зона Френеля для радиолуча, величина потерь в свободном пространстве, дифракционные потери из-за рельефа местности, а также потери на окружающих абонентскую станцию препятствиях. Сектор БС выбирается в левой части панели в общем дереве **Сеть мобильной связи** – найдите нужный Вам сектор БС и кликните по нему мышью (не путать с установкой значка активности), после чего информация по этому сектору появится сверху над продольным профилем.

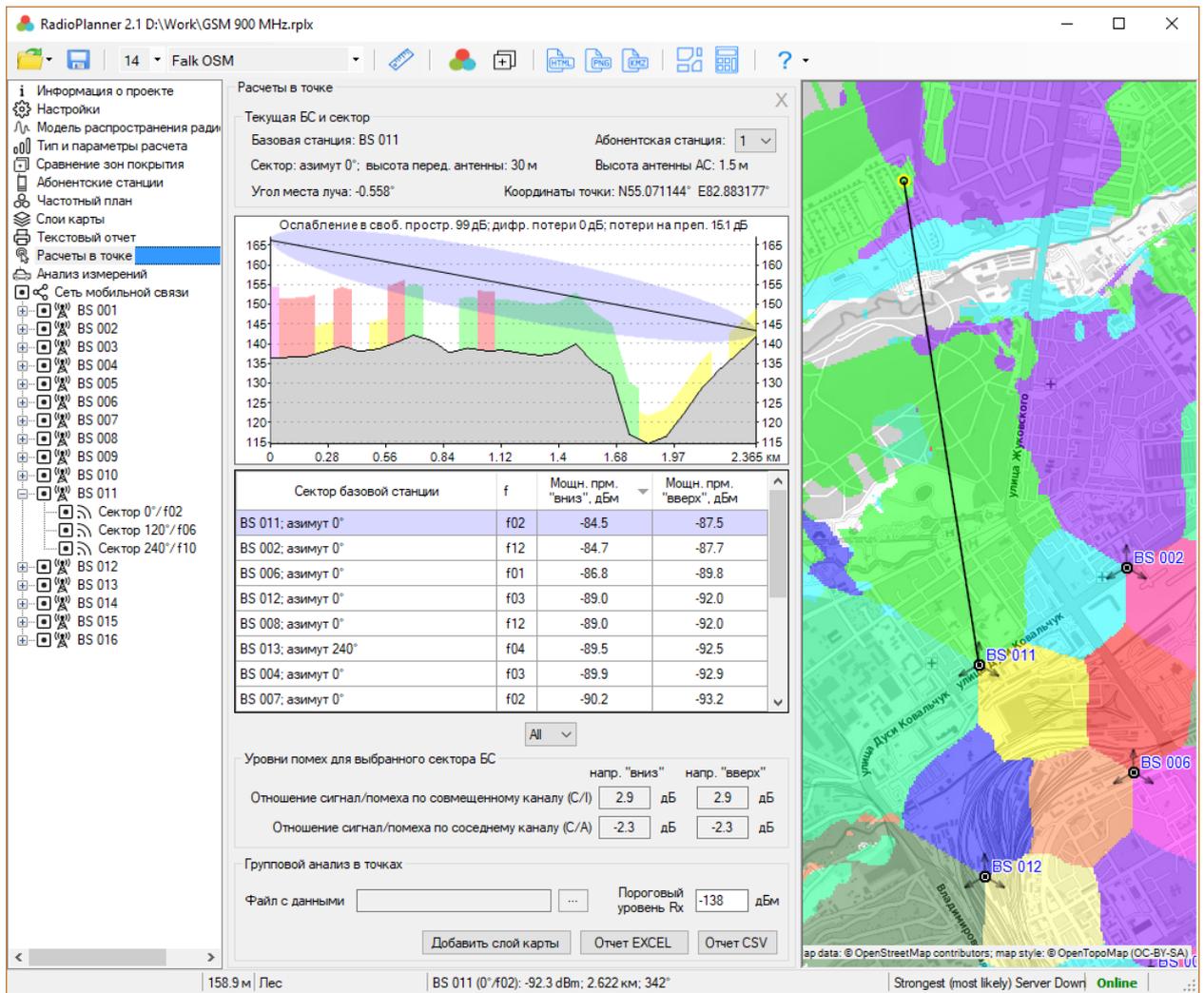


Рисунок 28. Расчеты в точке

Там же можно выбрать абонентскую станцию (тип 1 или тип 2), параметры которой будут учитываться при расчетах в точке.

Снизу под продольным профилем появляется таблица с результатами расчета уровней мощности “вниз” и “вверх” для выбранного сектора (он выделен в таблице цветом) и для секторов других БС, участвующих в расчете. К расчету принимаются только те секторы, которые помечены как активные. Кроме того, чтобы сектор появился в таблице необходимо, чтобы для него выполнялось одно из следующих условий: пороговый уровень приемника выбранного типа абонентской станции должен быть больше чем уровень “вниз” или пороговый уровень приемника сектора БС должен быть выше чем уровень “вверх”. Строки в таблице можно сортировать по частотным группам и значениям мощности “вниз” или “вверх”. Также при помощи выпадающего списка, размещенного ниже таблицы, можно вывести результаты только для одной частотной группы.

Выбранный сектор БС считается сектором с полезным сигналом, сигналы от секторов с этой же частотной группой считаются помехами по совмещенному каналу, а сигналы от секторов, в которых есть соседние для выбранного сектора частоты – помехами по соседнему каналу. В соответствии с этим, в нижней части панели показываются рассчитанные значения уровней помех по совмещенному и соседним каналам для направлений “вниз” и “вверх”.

Групповой анализ в точках

RadioPlanner 2.1 позволяет выполнить расчет уровней вверх/вниз для группы точек с набором параметров, задаваемых в табличном виде. Это удобный инструмент для оценки мощности на приеме вверх/вниз при размещении оконечных устройств LoRa, SigFox и пр. в разных условиях.

Исходные данные по группе указанных точек (оконечных устройств) могут быть загружены в RadioPlanner в виде электронной таблицы в формате Microsoft Excel или в виде текстового файла CSV. Результат расчета также может быть получен в двух вариантах - либо в виде электронной таблицы Microsoft Excel (для использования этой функции на компьютере должен быть установлен редактор электронных таблиц Microsoft Excel), либо в виде файла CSV. С таблицами Excel удобнее работать, кроме того, отчет о результатах в виде таблицы Microsoft Excel получается более наглядный (см. рисунок ниже). При этом ввод исходных данных/вывод информации при помощи CSV файлов выполняется на порядок быстрее и формат выходного файла более удобен для дальнейшего анализа полученного результата в различных ГИС.

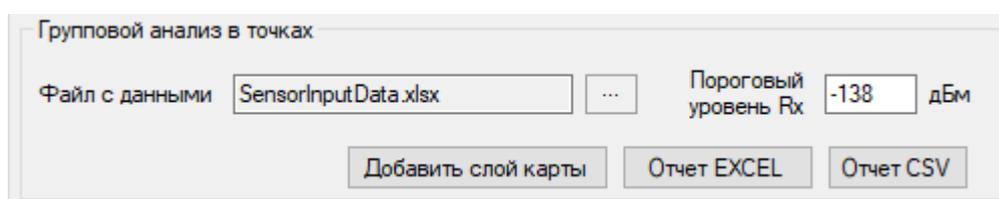


Рисунок 29. Меню Групповой анализ в точках

| | |
|---------------------------|---|
| Файл с данными | Файл с данными для расчета в формате Microsoft Excel или CSV. Примеры файлов с набором исходных данных SensorInputData.xlsx и SensorInputData.csv находятся в папке примеры файлов данных дистрибутива, на их основе вы легко можете подготовить свой набор исходных данных. |
| Пороговый уровень Rx, дБм | Минимальный пороговый уровень, который будут учитываться при заполнении таблицы с результатами расчета, дБм |
| Добавить слой карты | Добавить оконечные устройства из таблицы исходных данных в качестве пользовательского слоя точек на карту |
| Отчет EXCEL | Выполнить расчет и открыть Microsoft Excel с результатом расчета |
| Отчет CSV | Выполнить расчет и сохранить результат в виде файла в формате CSV |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|----------|-----------|-----------|------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
| 1 | Name | Lat | Lon | Type | Tx power, W | Ant. height, m | Ant. gain, dBi | Cable loss, dB | Penetration loss, dB |
| 2 | Sensor 1 | 54.81 | 31.96 | Vega TD-11 | 0.025 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Sensor 2 | 54.778 | 32.001565 | Vega TD-11 | 0.025 | 9 | 0 | 0 | 20 |
| 4 | Sensor 3 | 54.769603 | 32.08762 | Vega TD-11 | 0.025 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Sensor 4 | 54.803353 | 32.111449 | Vega TD-11 | 0.025 | 10 | 0 | 0 | 20 |
| 6 | Sensor 5 | 54.8206 | 32.05877 | Vega TD-11 | 0.025 | 10 | 0 | 0 | 15 |
| 7 | Sensor 6 | 54.72 | 32.06338 | Vega TD-11 | 0.025 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Sensor 7 | 54.762646 | 32.111406 | Vega TD-11 | 0.025 | 10 | 0 | 0 | 20 |
| 9 | Sensor 8 | 54.762 | 32.0187 | Vega TD-11 | 0.025 | 3 | 0 | 0 | 0 |

Рисунок 30. Пример таблицы Microsoft Excel с исходными данными

| | |
|----------------------|---|
| Name | Наименование или ID оконечного устройства |
| Lat | Географическая широта оконечного устройства в любом из форматов, который позволяет использовать RadioPlanner (см. меню Настройка). |
| Lon | Географическая долгота оконечного устройства в любом из форматов, который позволяет использовать RadioPlanner (см. меню Настройка). |
| Type | Тип (модель) оконечного устройства |
| Tx power, W | Мощность передатчика абонентского устройства, Вт |
| Ant. height, m | Высота установки антенны оконечного устройства относительно уровня земли, м |
| Ant. gain, dBi | Коэффициент усиления антенны оконечного устройства, дБ |
| Cable loss, dB | Потери в антенном кабеле, дБ |
| Penetration loss, dB | Потери (дБ) сигнала на проникновение в помещение, в котором устанавливается оконечное устройство. |

Расчет уровней выполняется в соответствии с параметрами, заданными в меню "Модель распространения радиоволн". Если при расчете учитываются потери на препятствиях (клаттере) в соответствии с рекомендацией МСЭ-R P.1812-4, то величина этих потерь определяется для каждого оконечного устройства с учетом его высоты над уровнем земли. В расчете дополнительно можно учесть потери на проникновение сигнала в помещение (Penetration loss) для каждого оконечного устройства. В выходном отчете для каждого оконечного устройства будут показаны мощности на приеме "вверх" и "вниз" для базовых станций, у которых эта мощность превышает пороговый уровень, задаваемый в этом меню.

OutputData1.xlsx - Excel

ФАЙЛ | ГОМЕ | ВСТАВКА | РАЗМЕТКА СТРАНИЦЫ | ФОРМУЛЫ | ДАННЫЕ | РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ | ВИД | АСРОВАТ | Вход

Буфер обмена | Bluetooth | Шрифт | Выравнивание | Число | Стили | Ячейки | Редактирова...

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P |
|----|----------|-------------|-------------|------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|--------------|------------------|-------------------|--------------|-----|------------------------|----------------------|
| | Name | Lat | Lon | Type | Tx power, W | Ant. height, m | Ant. gain, dBi | Cable loss, dB | Penetration loss, dB | Clutter Type | Clutter loss, dB | BS Name | Distance, km | f | Downlink Rx power, dBm | Uplink Rx power, dBm |
| 1 | Sensor 1 | N54.810000° | E31.960000° | Vega TD-11 | 0.025 | 2 | 0 | 0 | 0 | Open/rural | 0 | BS 002 Azimuth 0° | 2.819 | f01 | -120.3 | -111.1 |
| 2 | | | | | | | | | | | | BS 003 Azimuth 0° | 6.261 | f01 | -116.1 | -106.9 |
| 3 | | | | | | | | | | | | BS 004 Azimuth 0° | 9.439 | f01 | -121.3 | -112.1 |
| 4 | | | | | | | | | | | | BS 005 Azimuth 0° | 10.229 | f01 | -139.6 | -130.4 |
| 5 | Sensor 2 | N54.778000° | E32.001565° | Vega TD-11 | 0.025 | 9 | 0 | 0 | 20 | Urban | 15.7 | BS 002 Azimuth 0° | 3.084 | f01 | -141.5 | -132.3 |
| 6 | | | | | | | | | | | | BS 003 Azimuth 0° | 2.028 | f01 | -139.4 | -130.2 |
| 7 | Sensor 3 | N54.769603° | E32.087620° | Vega TD-11 | 0.025 | 10 | 0 | 0 | 0 | Open/rural | 0 | BS 001 Azimuth 0° | 3.261 | f01 | -138.3 | -129.1 |
| 8 | | | | | | | | | | | | BS 002 Azimuth 0° | 6.696 | f01 | -115.5 | -106.2 |
| 9 | | | | | | | | | | | | BS 003 Azimuth 0° | 3.615 | f01 | -107.1 | -97.9 |
| 10 | | | | | | | | | | | | BS 004 Azimuth 0° | 1.764 | f01 | -100.9 | -91.7 |
| 11 | | | | | | | | | | | | BS 005 Azimuth 0° | 1.323 | f01 | -98.4 | -89.2 |
| 12 | | | | | | | | | | | | BS 006 Azimuth 0° | 5.285 | f01 | -114.8 | -105.6 |
| 13 | Sensor 4 | N54.803353° | E32.111449° | Vega TD-11 | 0.025 | 10 | 0 | 0 | 20 | Suburban | 0 | BS 001 Azimuth 0° | 3.614 | f01 | -127.1 | -117.8 |
| 14 | | | | | | | | | | | | BS 005 Azimuth 0° | 3.263 | f01 | -140.4 | -131.2 |
| 15 | | | | | | | | | | | | BS 006 Azimuth 0° | 1.85 | f01 | -127.5 | -118.3 |
| 16 | Sensor 5 | N54.820600° | E32.058770° | Vega TD-11 | 0.025 | 10 | 0 | 0 | 15 | Urban | 14.2 | BS 002 Azimuth 0° | 3.877 | f01 | -138.7 | -129.5 |
| 17 | | | | | | | | | | | | BS 003 Azimuth 0° | 5.644 | f01 | -140.1 | -130.9 |
| 18 | | | | | | | | | | | | BS 004 Azimuth 0° | 7.234 | f01 | -144.5 | -135.3 |
| 19 | | | | | | | | | | | | BS 005 Azimuth 0° | 5.996 | f01 | -142 | -132.8 |
| 20 | | | | | | | | | | | | BS 006 Azimuth 0° | 2.29 | f01 | -132.3 | -123.1 |
| 21 | Sensor 6 | N54.720000° | E32.063380° | Vega TD-11 | 0.025 | 7 | 0 | 0 | 0 | Open/rural | 0 | BS 002 Azimuth 0° | 10.221 | f01 | -131.4 | -122.2 |
| 22 | | | | | | | | | | | | BS 003 Azimuth 0° | 6.173 | f01 | -125.2 | -115.9 |
| 23 | | | | | | | | | | | | BS 004 Azimuth 0° | 4.058 | f01 | -113.8 | -104.6 |
| 24 | | | | | | | | | | | | BS 005 Azimuth 0° | 6.613 | f01 | -116.6 | -107.4 |
| 25 | | | | | | | | | | | | BS 006 Azimuth 0° | 11.011 | f01 | -133.3 | -124.1 |
| 26 | Sensor 7 | N54.762646° | E32.111406° | Vega TD-11 | 0.025 | 10 | 0 | 0 | 20 | Dense urban | 20 | BS 004 Azimuth 0° | 2.558 | f01 | -144.1 | -134.8 |
| 27 | | | | | | | | | | | | BS 005 Azimuth 0° | 1.323 | f01 | -138.4 | -129.2 |
| 28 | Sensor 8 | N54.762000° | E32.018700° | Vega TD-11 | 0.025 | 3 | 0 | 0 | 0 | Trees/forest | 21.5 | BS 002 Azimuth 0° | 4.934 | f01 | -131.3 | -122.1 |
| 29 | | | | | | | | | | | | BS 003 Azimuth 0° | 1.411 | f01 | -120.5 | -111.3 |
| 30 | | | | | | | | | | | | BS 004 Azimuth 0° | 3.617 | f01 | -131.1 | -121.9 |
| 31 | | | | | | | | | | | | BS 005 Azimuth 0° | 5.82 | f01 | -137 | -127.8 |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Лист1

ГОТОВО

Рисунок 31. Таблица Microsoft Excel с результатами расчета

File Edit Search View Encoding Language Settings Tools Macro Run Plugins Window ?

out.csv

```

1 Name;Lat;Lon;Type;Tx power, W;Ant. height, m;Ant. gain, dBi;Cable loss, dB;Penetration loss, dB;Clutter Type;Clutt
2 Sensor 1;N54.810000°;E31.960000°;Vega TD-11;0.025;2;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 002 Azimuth 0°;2.819;f01;-120.3;-111.1
3 Sensor 1;N54.810000°;E31.960000°;Vega TD-11;0.025;2;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 003 Azimuth 0°;6.261;f01;-116.1;-106.9
4 Sensor 1;N54.810000°;E31.960000°;Vega TD-11;0.025;2;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 004 Azimuth 0°;9.439;f01;-121.3;-112.1
5 Sensor 1;N54.810000°;E31.960000°;Vega TD-11;0.025;2;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 005 Azimuth 0°;10.229;f01;-139.6;-130.4
6 Sensor 2;N54.778000°;E32.001565°;Vega TD-11;0.025;9;0;0;0;20;Urban;15.7;BS 002 Azimuth 0°;3.084;f01;-141.5;-132.3
7 Sensor 2;N54.778000°;E32.001565°;Vega TD-11;0.025;9;0;0;0;20;Urban;15.7;BS 003 Azimuth 0°;2.028;f01;-139.4;-130.2
8 Sensor 3;N54.769603°;E32.087620°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 001 Azimuth 0°;3.261;f01;-138.3;-129.1
9 Sensor 3;N54.769603°;E32.087620°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 002 Azimuth 0°;6.696;f01;-115.5;-106.2
10 Sensor 3;N54.769603°;E32.087620°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 003 Azimuth 0°;3.615;f01;-107.1;-97.9
11 Sensor 3;N54.769603°;E32.087620°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 004 Azimuth 0°;1.764;f01;-100.9;-91.7
12 Sensor 3;N54.769603°;E32.087620°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 005 Azimuth 0°;1.323;f01;-98.4;-89.2
13 Sensor 3;N54.769603°;E32.087620°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 006 Azimuth 0°;5.285;f01;-114.8;-105.6
14 Sensor 4;N54.803353°;E32.111449°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;20;Suburban;0;BS 001 Azimuth 0°;3.614;f01;-127.1;-117.8
15 Sensor 4;N54.803353°;E32.111449°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;20;Suburban;0;BS 005 Azimuth 0°;3.263;f01;-140.4;-131.2
16 Sensor 4;N54.803353°;E32.111449°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;20;Suburban;0;BS 006 Azimuth 0°;1.85;f01;-127.5;-118.3
17 Sensor 5;N54.820600°;E32.058770°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;15;Urban;14.2;BS 002 Azimuth 0°;3.877;f01;-138.7;-129.5
18 Sensor 5;N54.820600°;E32.058770°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;15;Urban;14.2;BS 003 Azimuth 0°;5.644;f01;-140.1;-130.9
19 Sensor 5;N54.820600°;E32.058770°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;15;Urban;14.2;BS 004 Azimuth 0°;7.234;f01;-144.5;-135.3
20 Sensor 5;N54.820600°;E32.058770°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;15;Urban;14.2;BS 005 Azimuth 0°;5.996;f01;-142;-132.8
21 Sensor 5;N54.820600°;E32.058770°;Vega TD-11;0.025;10;0;0;0;15;Urban;14.2;BS 006 Azimuth 0°;2.29;f01;-132.3;-123.1
22 Sensor 6;N54.720000°;E32.063380°;Vega TD-11;0.025;7;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 002 Azimuth 0°;10.221;f01;-131.4;-122.2
23 Sensor 6;N54.720000°;E32.063380°;Vega TD-11;0.025;7;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 003 Azimuth 0°;6.173;f01;-125.2;-115.9
24 Sensor 6;N54.720000°;E32.063380°;Vega TD-11;0.025;7;0;0;0;0;Open/rural;0;BS 004 Azimuth 0°;4.058;f01;-113.8;-104.6

```

Рисунок 32. Файл CSV с результатами расчета

Импорт результатов измерений и настройка параметров модели расчета

Программа позволяет загрузить результаты измерений уровней мощности принимаемого сигнала и по результатам сравнения с расчетными значениями настроить параметры модели распространения радиоволн.

Порядок работы:

1. По результатам полевых измерений подготовить файлы уровней принимаемой мощности отдельно для каждого из интересующих секторов базовых станций.

Файл измерений – это файл формата CSV, каждая из строк которого содержит три параметра: уровень измеренного сигнала от одного сектора БС в дБм; географическая широта; географическая долгота

Разделителем значений параметров является символ “точка с запятой”.

Форматы представления географических координат - ПОЛУШАРИЕ ГРАДУСЫ МИНУТЫ СЕКУНДЫ (N35 36 23.8) или ПОЛУШАРИЕ ДЕСЯТИЧНЫЕ ГРАДУСЫ (N12.34567).

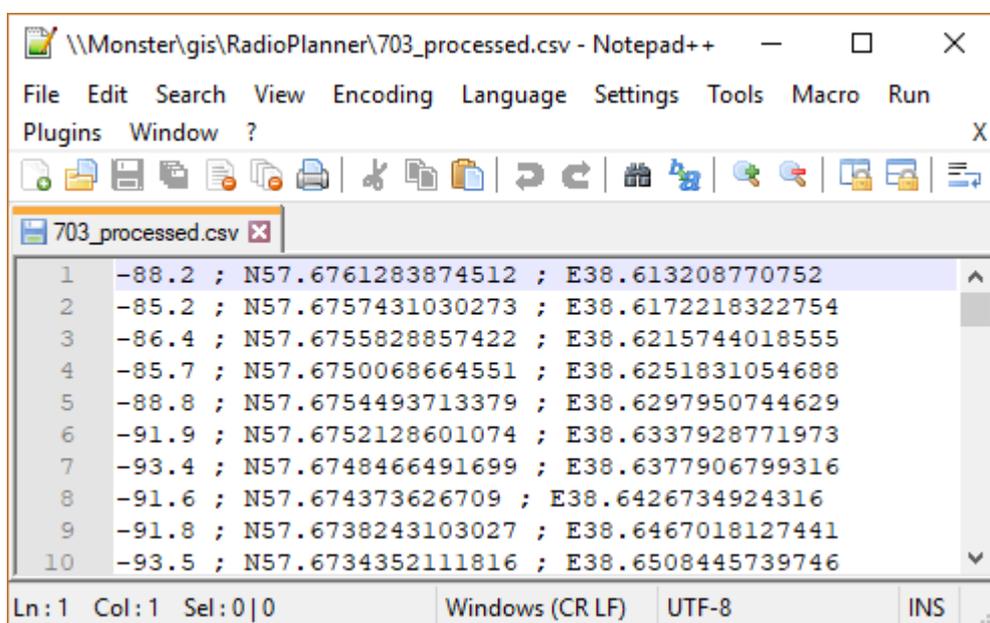


Рисунок 33. Пример файла с результатами измерений

2. Загрузить файлы измерений в соответствующие сектора БС в меню “Сеть мобильной связи” - “Параметры сектора”.

Здесь же при помощи кнопки  можно просмотреть загруженные данные измерений для сектора БС и при необходимости выполнить их предварительную обработку:

| | |
|--|--|
| Уровень сигнала Максимальный/Минимальный | Удалить из таблицы точки со уровнем вне указанных границ |
| Расстояние от БС Минимальное/Максимальное | Удалить из таблицы точки с расстоянием до БС вне указанных границ |
| Сектор от БС Минимальный/Максимальный угол | Удалить из таблицы точки, не попадающие в указанный сектор |
| Промежуток между точками Минимальное расстояние | Устанавливается размер сторон квадратов, в пределах которых будет выполнено усреднение значений уровня |

| | |
|---|---|
| | сигнала, локация точки при этом в пределах каждого из квадратов будет выбрана из локаций существующих точек измерений в пределах данного квадрата случайным образом. |
| Добавить слой карты с результатом измерений Минимальное расстояние | Добавление на карту пользовательского слоя с результатами измерений с усреднением в пределах указанного минимального расстояния. Данные в таблице при этом не меняются. Полученный слой появится среди пользовательских слоев, наименование слоя будет соответствовать названию БС и направлению сектора. |

Данные измерений ✕

| | Уровень сигнала, дБм | Широта | Долгота |
|--------|----------------------|------------------|------------------|
| ▶ 0001 | -67 | 69,3511777777778 | 87,7391666666667 |
| 0002 | -67 | 69,350525 | 87,7418194444444 |
| 0003 | -60 | 69,3498722222222 | 87,7445416666667 |
| 0004 | -70 | 69,3491777777778 | 87,7473944444444 |
| 0005 | -84 | 69,3483055555556 | 87,7502027777778 |
| 0006 | -70 | 69,3470972222222 | 87,7520638888889 |
| 0007 | -78 | 69,3457027777778 | 87,7534722222222 |
| 0008 | -63 | 69,3444388888889 | 87,7549138888889 |
| 0009 | -60 | 69,3436888888889 | 87,7568888888889 |
| 0010 | -64 | 69,343125 | 87,7581277777778 |
| 0011 | -62 | 69,3422222222222 | 87,7585333333333 |
| 0012 | -62 | 69,340975 | 87,7595194444445 |
| 0013 | -61 | 69,3396027777778 | 87,7606361111111 |
| 0014 | -63 | 69,3383638888889 | 87,7605361111111 |
| 0015 | -58 | 69,3374805555555 | 87,758625 |
| 0016 | -51 | 69,3365083333333 | 87,7565111111111 |
| 0017 | -51 | 69,3352611111111 | 87,7550555555556 |
| 0018 | -50 | 69,3339416666667 | 87,7539222222222 |
| 0019 | -53 | 69,3326166666667 | 87,7527166666667 |
| 0020 | -53 | 69,3313 | 87,7515416666667 |
| 0021 | -53 | 69,3300305555556 | 87,7504055555556 |
| 0022 | -55 | 69,3288 | 87,7493444444444 |
| 0023 | -57 | 69,3275194444444 | 87,7482583333333 |
| 0024 | -59 | 69,3262305555556 | 87,7471722222222 |
| 0025 | -53 | 69,3250444444444 | 87,7462277777778 |
| 0026 | -62 | 69,3241361111111 | 87,7454027777778 |

Обработка таблицы измерений

Уровень сигнала

Минимальный уровень дБм Применить

Максимальный уровень дБм

Расстояние до БС

Минимальное расст. км Применить

Максимальное расст. км

Сектор от БС

Минимальный угол град. Применить

Максимальный угол град.

Промежуток между точками

Минимальное расст. м Применить

Добавить слой карты с рез. измерений

Минимальное расст. м Добавить

Рисунок 34. Предварительная обработка результатов измерений в секторе БС

3. В меню “Анализ измерений” появятся результаты сравнения измеренных и расчетных уровней для каждого из секторов для разных типов препятствий – средняя ошибка и среднеквадратичное отклонение ошибки. Кроме того, будут также указаны рекомендованные значения потерь для разных типов препятствий, при которых средняя ошибка будет равна нулю. На графике можно наблюдать распределение измеренных и расчетных значений уровня сигнала для разных типов препятствий.

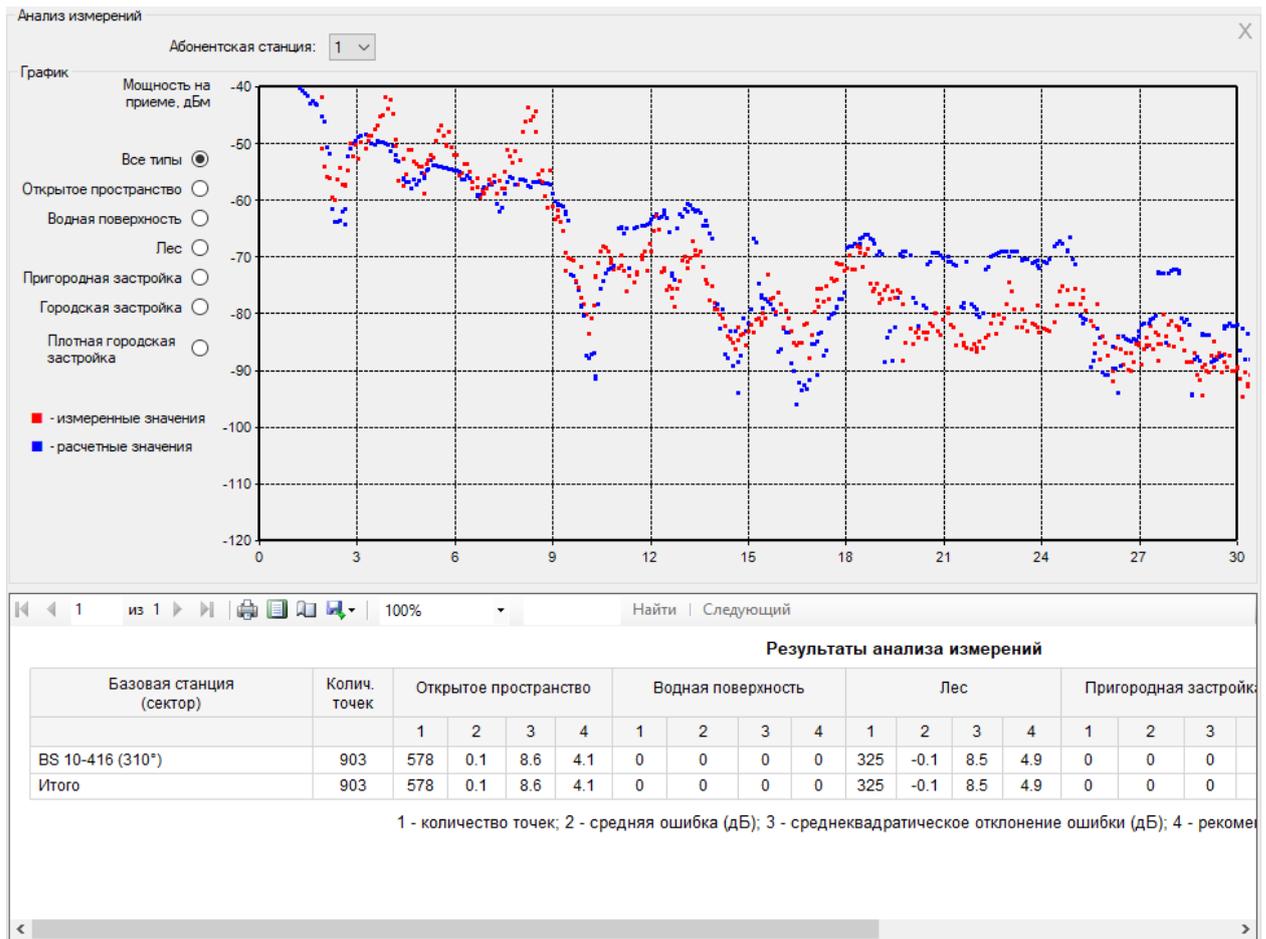


Рисунок 35. Анализ измерений

4. На основе анализа полученных результатов для разных типов препятствий принимается решение относительно корректировки значений ранее используемых потерь в модели распространения радиоволн.

Калькулятор чувствительности приемника, ограниченной промышленными помехами

Калькулятор позволяет определить чувствительность приемника, ограниченную промышленным радиошумом (индустриальными радиопомехами) для различных окружающих условий.

Влиянием промышленных шумов нельзя пренебрегать в диапазонах частот, где работают системы профессиональной подвижной радиосвязи (136-174 МГц и 403-470 МГц), особенно в низкочастотном диапазоне VHF 136-174 МГц.

Предварительно вычисляется так называемая динамическая чувствительность приемника (Faded Performance Threshold) с учетом требуемого передаваемого качества речи (DAQ) по методике, изложенной в рекомендации TIA TSB-88.1-D. Типовые параметры приемников-демодуляторов всех известных систем профессиональной мобильной связи встроены в калькулятор - данные взяты из Таблицы A1 "Projected VCPC Parameters for Different DAQs" TIA TSB-88.1-D.

Далее вычисляется чувствительность приемника, ограниченная промышленными помехами с учетом категории местности для одного из следующих исследований:

- ITU-R P.372-13 “Радишум” (50-250 МГц)
- OFCOM MMN measurement (AY4119) 2003 (50-250 МГц)
- TIA TSB-88.2-D Part 2: Propagation and Noise (VHF – 162 МГц)

Для расчета необходимо указать:

1. Эталонную чувствительность (Reference Sensitivity) приемника в дБм или мкв - она обычно указывается в технической спецификации как Reference Sensitivity или статическая (Static) чувствительность приемника при 12 дБ SINAD для аналоговых систем или при BER=5% для цифровых систем.
2. Тип системы профессиональной подвижной связи
3. Требуемое качество передаваемой речи (выбрать из трех распространенных, обычно DAQ=3.4)
4. Выбрать исследование, на котором будет основан расчет и категорию среды.
5. Указать несущую частоту.

Калькулятор необходимого уровня на входе приемника с учетом промышлен...

Параметры приемника

Эталонная чувствительность $\frac{2}{\text{дБм}}$ дБм

Эталонная чувствительность $\frac{2}{\text{мкВ}}$ мкВ

Тип приемника $\frac{2}{\text{ETSI DMR 2 slot TDMA (AMBE +2) (12.5 kHz)}}$

Требуемое передаваемое качество речи (DAQ) $\frac{2}{\text{DAQ-3.4}}$

Отношение сигнал/шум для эталонной чувствительности (Cs/N) $\frac{2}{\text{дБ}}$ дБ BER = 5 %

Отношение сигнал/шум (Cf/N) для требуемого DAQ $\frac{2}{\text{дБ}}$ дБ BER = 2 %

Эквивалентная шумовая полоса $\frac{2}{\text{кГц}}$ кГц

Коэффициент шума дБ

Динамическая чувствительность дБм

Промышленные помехи

Рек. ITU-R P.372-13 Радишум (50 - 250 МГц)

OFCOM MMN measurement (AY4119) 2003 (50 - 1000 МГц)

TIA TSB-88.2-D Part 2: Propagation and Noise (162 MHz)

Частота МГц

Категория

Промышленный/индустриальный шум (Fam) $\frac{2}{\text{дБ}}$ дБ

Результаты

Чувствительность приемника, ограниченная промышленными помехами дБм

Рисунок 36. Калькулятор промышленных радиопомех

После изменения любого поля исходных данных расчет выполняется автоматически, если в качестве результата расчета появляется пустое поле, то это значит, что введены некорректные данные по приемному оборудованию (физически не реализуемые) или графики промышленного шума выходят за пределы частот, на которых выполнялись исследования.

ТВ- и радиовещание

Программа RadioPlanner 2.1 позволяет выполнить расчет зоны обслуживания для передатчиков теле- и радиовещания, а также автоматически определить количество населения в зоне охвата на основе базы данных проекта OpenStreetMap. По результатам формируется перечень пунктов, охваченных вещанием, с указанием количества населения в каждом населенном пункте и суммарным количеством населения в зоне охвата.

Перед началом работы следует выбрать тип проекта *ТВ и радиовещание* в меню **Настройки** (см. Раздел **Настройки**).

Передатчики вещания

Ввод характеристик радиооборудования ТВ- и радиовещательных передатчиков выполняется в меню в меню **Сеть вещания**. При запуске программы список передатчиков пуст.

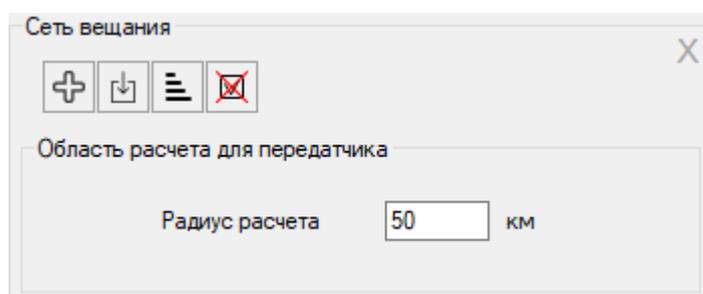


Рисунок 37. Передатчики

Панель инструментов:



- создать новый передатчик;



- импортировать сайты из файла формата *.csv;



- сортировать передатчики по наименованию в алфавитном порядке;



- удалить выбранные передатчики

| | |
|--------------------|--|
| Радиус расчета, км | Максимальный радиус расчета от передатчиков, км. Чем больше радиус, тем больше время расчета. |
|--------------------|--|

Для того, чтобы создать передатчик, кликните мышью на строку меню **Сеть вещания**, а затем в открывшейся панели нажмите на кнопку , после чего программа предложит создать передатчик на основе одного из имеющихся шаблонов. Шаблон затем можно будет создать самостоятельно. После выбора пользователем шаблона, программа создаст новый передатчик.

Программа позволяет импортировать сайты из файлов формата CSV (текстовый формат, где разделителем значений колонок является символ “точка с запятой”). Это универсальный формат, в

котором можно сохранить таблицу с сайтами из любого редактора таблиц (Excel, LibreOffice Calc и прочих), а также баз данных.

Необходимые поля для каждого из сайтов: Наименование; Широта; Долгота

Разделителем полей является символ “точка с запятой”.

Форматы представления координат - ПОЛУШАРИЕ ГРАДУСЫ МИНУТЫ СЕКУНДЫ (N35 36 23.8) или ПОЛУШАРИЕ ДЕСЯТИЧНЫЕ ГРАДУСЫ (N12.34567).

Для импорта сайтов нажмите на кнопку  (импорт сайтов из *.CSV) и выберите файл CSV, после чего программа предложит выбрать шаблон, на основе которого будут созданы новые передатчики с координатами импортируемых сайтов.

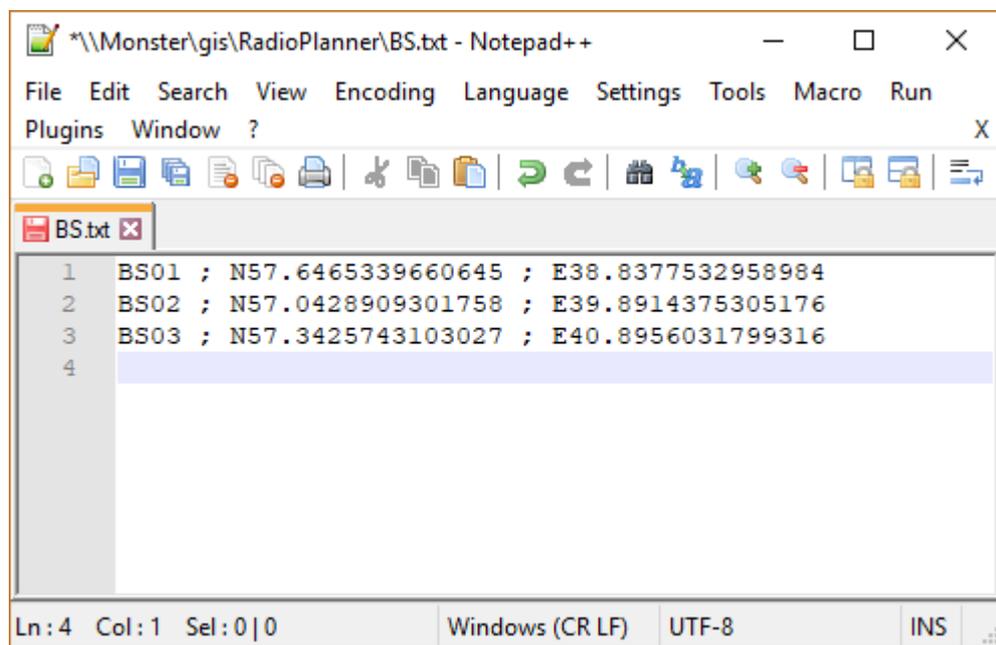


Рисунок 38. Пример файла CSV с импортируемыми сайтами

При клике мышью на передатчике откроется панель с параметрами передатчика. Для того чтобы для передатчика производились вычисления, он должен быть отмечен как активный.

При помощи размещенной здесь панели инструментов можно выполнить следующие действия:



- создать новый передатчик как копию этого;



- переместить передатчик вверх или вниз по списку;



- удалить передатчик;



- загрузить параметры передатчика из шаблона;



- сохранить параметры этого передатчика в качестве шаблона;



- позиционировать карту на этот передатчик;

Параметры передатчика

Наименование "Новое радио" 104,0_207

Прочая информация ОВЧ FM ALP.05.02.710 Aldena 20 кВт 3 эт. по 4 вибр. ФГУП «РТРС»

Широта N48°47'00.00"

Долгота E44°29'14.50"

Высотная отметка 111 м

Тип оборудования TF-1000

Частота 104 МГц

Мощность передатчика 1000 Вт

Потери в передающем тракте

Тип кабеля НСА300-50J D=3"

Длина кабеля 245 м

Потери в кабеле 1.1 дБ

Доп. потери 0 дБ

Суммарные потери 1.1 дБ

Параметры контуров FCC

Напряженность поля 54 дБмкВ/м Кривая FCC F(50,50)

Параметры контуров ITU-R P.1546-6

Напряженность поля 54 дВμV/m Процент мест 50 %

Процент времени 50 % Тип трассы Сухопутная

- Цвет для расчета Strongest (most likely) Server

Передающая антенна

Высота антенны 207.9 м

Коэффициент усиления 8.8 дБи

Азимут 0 град.

Наклон 0 град.

Наименование антенны Aldena ALP.05.02.710_104.0

Диаграммы направленности в дБ:

- ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ

- ВЕРТИКАЛЬНАЯ

Рисунок 39. Форма Параметры передатчика вещания

| | |
|-------------------|--|
| Наименование | Наименование передатчика, текстовое поле. |
| Прочая информация | Текстовое поле для любой дополнительной информации по данной базовой станции |
| Широта | Географическая широта передатчика в формате, заданном пользователем в Настройках |
| Долгота | Географическая долгота передатчика в формате, заданном пользователем в Настройках |

| | |
|--|---|
| Высотная отметка, м | Отметка земли относительно уровня моря, м, определяемая по введенным выше географическим координатам |
| Тип радиооборудования | Модель радиооборудования, текстовое поле. |
| Частота, МГц | Частота несущей передатчика, МГц |
| Мощность передатчика, Вт | Мощность передатчика, Вт |
| Тип кабеля | Выбор типа основного кабеля из предлагаемого набора. |
| Длина кабеля, м | Длина основного кабеля, м |
| Потери в кабеле, дБ | Потери в кабеле, дБ. Расчетная величина |
| Дополнительные потери, дБ | Дополнительные потери, дБ – потери на объединение, потери в джамперах и коннекторах. Любые дополнительные потери в тракте. |
| Суммарные потери, дБ | Суммарные потери, дБ. Расчетная величина. |
| Высота антенны, м | Высота центра излучения антенны относительно уровня земли, м |
| Коэффициент усиления, дБи | Коэффициент усиления антенны относительно изотропного излучателя, дБ |
| Азимут, градусы | Азимут антенны в градусах. |
| Наклон, градусы | Наклон антенны в градусах. Отрицательная величина – наклон вниз. Положительная величина – отклонение вверх. |
| Наименование антенны | Наименование антенны, текстовое поле. Автоматически заполняется названием файла диаграммы направленности антенны при выборе диаграммы направленности. |
| Параметры контуров FCC | |
| Напряженность поля, дБ(мкВ/м) | Минимальное значение напряженности электромагнитного поля, дБ(мкВ/м) для расчета контура по кривым распространения FCC. Подробнее – см. раздел Расчет контуров по кривым распространения FCC |
| Кривая FCC | Выбор типа кривой из ряда F (50,50); F (50,10); F(50,90). Подробнее – см. раздел Расчет контуров по кривым распространения FCC |
| Добавить слой | Добавление контура с выбранными параметрами на карту в виде отдельного слоя |
| Параметры контуров ITU-R P.1546-6 | |
| Напряженность поля, дБ(мкВ/м) | Минимальное значение напряженности электромагнитного поля, дБ(мкВ/м) для расчета контура по кривым распространения ITU-R P.1546-6. Подробнее – см. раздел Расчет контуров по кривым распространения ITU-R P.1546-6 |
| Процент времени | Процент времени, для которого будет выполняться расчет контура (50%,10% или 1%) |
| Процент мест | Процент мест для которого будет выполняться расчет контура (50%-99%) |
| Тип трассы | Сухопутная, над холодным морем или над теплым морем |
| Добавить слой | Добавление контура с выбранными параметрами на карту в виде отдельного слоя |
| | |

| | |
|---|---|
| Цвет для расчета Strongest (most likely) Server | Выбор цвета, которым будет обозначена зона для данного передатчика при расчете зон максимального уровня напряженности поля на приеме (Strongest Server) |
|---|---|

Файл диаграммы направленности антенн – стандартный файл в формате MSI, который можно скачать с сайта производителя антенны. На установочном диске записан архив с распространенными антеннами ANTENNAS.rar. Данные файла диаграммы направленности антенн сохраняется в файл проектов.

Модели распространения радиоволн для проектов ТВ и радиовещания

При работе с проектами ТВ и радиовещания программа позволяет выбрать одну из следующих моделей:

- модель МСЭ-R P.1812-4;
- модель МСЭ-R P.1546-6;
- модель Лонгли-Райса или ITM (Longley-Rice, Irregular Terrain Model);

Модель МСЭ-R P.1812-4

Эта модель подробно рассмотрена в разделе **Мобильная связь**. Параметры модели для проектов ТВ и радиовещания идентичны.

Модель МСЭ-R P.1546-6

Модель базируется на рекомендации МСЭ-R P.1546-6 (08/2019) “Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 4000 МГц” (*Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 4 000 MHz*).

Модель МСЭ-R P.1546-6 является эмпирической, так как основана на полученных экспериментальным путём кривых зависимости напряженности поля от расстояния для разных частот, высот антенн, типов трассы и вероятности по времени. В рамках рекомендации МСЭ-R P.1546-6, кроме указанных кривых учитываются составляющие потерь, определяемые поправкой на угол просвета со стороны приемника и поправкой на высоту окружающих приемник препятствий. Данные поправки определяются особенностями рельефа местности и препятствиях на конкретной территории.

Модель распространения радиоволн

Тип модели распространения
ITU-R P.1546-6

Параметры модели

Процент времени 50 %

Процент мест 95 %

Доп. запас на замирания 0 дБ

Тип трассы Сухопутная

Учет поправки на угол просвета со стороны приемн.

Потери на препятствиях

Добавить потери на препятствиях

Расчет потерь в соответствии рек. МСЭ-R P.1546-6*

| Тип препятствия | Потери на преп., дБ | Высота преп., м |
|-----------------------------|---------------------|-----------------|
| Открытое пространство | 0 | 0 |
| Водная поверхность | 0 | 0 |
| Лес | 6.2 | 15 |
| Пригородная застройка | 0 | 10 |
| Городская застройка | 6.2 | 15 |
| Плотная городская застро... | 10.7 | 20 |

* - потери на препятствиях в соответствии с МСЭ-R P.1546-6 рассчитываются для текущей частоты и высоты АС

Модель препятствий

Исходная ЦМП Пользовательская ЦМП

Рисунок 40. Параметры модели МСЭ-R P.1546-6

| | |
|---------------------------------------|---|
| Процент времени, % | Процент по времени, для которого будет выполнен расчет из ряда значений 1%,10% и 50%. Величину в 1% по времени используют для расчета помех, 50% - для расчета зон уверенного приема. |
| Процент мест, % | Процент по месту, для которого будет выполнен расчет, %. |
| Дополнительный запас на замирания, дБ | Дополнительный запас на замирания, который будет учитываться при расчетах, дБ |
| Тип трассы | Тип трассы из следующего набора: - Сухопутная - Трасса над холодным морем - Трасса над теплым морем |

| | |
|--|--|
| Учет поправку на угол просвета со стороны приемника | Учитывать рельеф местности со стороны приемника |
| Добавить потери на препятствиях | Учитывать дополнительные потери на препятствиях. Пользователь может задать величину потерь на препятствиях вручную для каждого типа препятствий, основываясь на сторонних данных о величине потерь – для этого нужно указать Добавить потери на препятствиях и ввести в таблицу соответствующие потери. |
| Использовать величину потерь на препятствиях в соответствии с МСЭ-R P.1546-6 | Вычисление дополнительных потерь на препятствиях в соответствии с рекомендацией МСЭ-R P.1546-6 в зависимости от средней (типовой) высоты препятствий. |
| Модель препятствий | Исходная ЦМП / Пользовательская ЦМП Выбор цифровой модели препятствий, которая будет использоваться для расчетов – исходная ЦМП (поставляемая по умолчанию) или Пользовательская ЦМП. Пользовательская ЦМП создается в Редакторе модели препятствий – см. соответствующий раздел. |

Модель Лонгли-Райса или ITM (Longley-Rice, Irregular Terrain Model)

Модель была разработана для частот от 20 МГц до 40 ГГц и для трасс длиной от 1 км до 2000 км. В RadioPlanner 2.1 используется версия 1.2.2 модели Лонгли-Райса. Эта модель де-факто является индустриальным стандартом для расчета зон радиопокрытия в Северной Америке.

Модель распространения радиоволн

Тип модели распространения

Longley-Rice

Параметры модели

Процент времени 50 %

Процент мест 50 %

Параметры трассы

Индекс рефракции 311 N-единицы

Проводимость 0,005 См/м

Диэлектр. прониц. 15

Тип климата Континентальный умеренный

Поляризация антенны

Horizontal

Рисунок 41. Параметры модели Лонгли-Райса

| | |
|---|---|
| Проводимость, См/м | Проводимость поверхности, См/м |
| Индекс рефракции, N-единицы | Индекс атмосферной рефракции (преломления) радиоволн у поверхности земли, измеренный в N-единицах. Для средней рефракции N=301 |
| Относительная диэлектрическая проницаемость | Относительная диэлектрическая проницаемость поверхности |
| Тип климата | Тип климата из следующего набора: Экваториальный Континентальный субтропический Морской Субтропический Пустынный Континентальный умеренный Морской умеренный над сушей Морской умеренный над морем |
| Поляризация | Тип поляризации вертикальная/горизонтальная |
| Процент времени, % | Процент по времени, для которого будет выполнен расчет, % |
| Процент мест, % | Процент по месту, для которого будет выполнен расчет, % |

Тип и параметры расчета

В этой форме выбирается тип и параметры расчета зон покрытия для вещательных передатчиков.

Для сетей вещания обычно нормируются значение напряженности поля (дБмкВ/м) радиосигнала в месте установки приемной антенны.

Для проектов типа “ТВ- и радиовещание” форма позволяет выбрать следующие типы расчетов:

- Напряженность поля в точке приема;
- Зоны максимального уровня напряженности поля на приеме (Strongest server).

Напряженность поля в точке приема (Field Strength at Remote)

При этом типе расчета на базовой карте отображаются различными цветами области, где в точке установки приемной антенны присутствует соответствующий диапазон уровней напряженности.

| Цвет | Уровни | Описание |
|--------|-----------------|----------------------|
| Yellow | > 58 дБмкВ/м | 256-QAM 4/5 PP4 6480 |
| Red | 53 ÷ 58 дБмкВ/м | 64QAM 4/5 PP4 6480 |
| Blue | 47 ÷ 53 дБмкВ/м | 16QAM 4/5 PP4 6480 |
| Green | 41 ÷ 47 дБмкВ/м | QPSK 4/5 PP4 64800 |

Рисунок 42. Форма расчета “Напряженность поля в точке приема”

| | |
|---------------------|---|
| Детальность расчета | <ul style="list-style-type: none"> - Низкая - Средняя - Высокая <p>Детальность, с которой будет представлен результат расчета. При этом разрешение соответствует одному пикселю экрана для zoom=11 (низкая детальность), zoom=12 (средняя) и zoom=13 (высокая). Для географической широты 55 градусов это примерно 40, 20 и 10 метров соответственно. Чем лучше детальность, тем больше время расчета.</p> |
|---------------------|---|

| | |
|----------------------------|--|
| Количество уровней | Количество уровней (от 1 до 8) |
| Цвет | Цвет уровня |
| Уровень, дБмкВ/м | Уровень напряженности в месте установки антенны, дБмкВ/м |
| Описание | Текстовое поле как описание для каждого из уровней сигнала |
| Высота приемной антенны, м | Высота центра фазового центра приемной антенны, м |

Например, для аналогового ТВ вещания согласно ГОСТ 7845-92 нормируются значения напряженности поля (дБ относительно 1 мкВ/м) излучения радиосигнала изображения на высоте 10 м от поверхности земли, определяющие зону обслуживания телевизионным вещанием (при соответствующих значениях усиления приемных телевизионных антенн):

- 50 дБмкВ/м при усилении антенны 4 дБ — в первом частотном диапазоне (48,5—66,0) МГц;
- 52 дБмкВ/м при усилении антенны 4,5 дБ — во втором частотном диапазоне (76—100) МГц;
- 55 дБмкВ/м при усилении антенны 8 дБ — в третьем частотном диапазоне (174—230) МГц;
- 65 дБмкВ/м при усилении антенны 10 дБ — в четвертом частотном диапазоне (470—582) МГц;
- 68 дБмкВ/м при усилении антенны 10 дБ — в пятом частотном диапазоне (582—790) МГц.

Для цифрового наземного телевизионного вещания принятого в России стандарта DVB-T2 требуемые значения напряженности для разных частотных диапазонов, видов модуляции и кодирования приведены в “Методике определения зоны обслуживания одиночной передающей станции наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T2”, разработанной ФГУП “Научно-исследовательский институт радио” (Приложение №1 к решению ГКРЧ от 16 октября 2015г. №15-35-04). <https://digital.gov.ru/uploaded/files/prilozhenie-1-k-resheniyu-gkrch--15-35-04-metodika-zona-obsluzhivaniya-stantsii-dvb-t2.pdf>

Зоны максимального уровня напряженности поля на приеме (Strongest Server)

В данном типе расчета на карте отображаются области, в которых напряженность поля на приеме от соответствующего передатчика больше, чем от других передатчиков. При этом цвета, которыми обозначаются зоны от различных передатчиков могут назначаться для каждого передатчика отдельно, либо соответствовать группе передатчиков с одинаковыми частотами.

Тип и параметры расчета

Тип расчета
Strongest (most likely) Server

Детальность расчета
 Низкая Средняя Высокая

Приемная антенна
 Высота приемной антенны м

Минимальный уровень напряженности поля в точке дБмкВ/м

Цвета зон для расчета Strongest Server
 Использовать цвета, заданные для каждого передатчика
 Использовать цвета из таблицы

| | Частота, МГц | Цвет |
|---|--------------|---------|
| ▶ | 498 | Red |
| | 514 | Green |
| | 538 | Blue |
| | 546 | Cyan |
| | 578 | Magenta |
| | 674 | Yellow |
| * | | |

Обновить таблицу

Рисунок 43. Расчет Strongest Server

| | |
|--|---|
| Детальность результатов расчета | <ul style="list-style-type: none"> - Низкая - Средняя - Высокая <p>Детальность, с которой будет представлен результат расчета. При этом разрешение соответствует одному пикселю экрана для zoom=11 (низкая детальность), zoom=12 (средняя) и zoom=13 (высокая). Для географической широты 55 градусов это примерно 40, 20 и 10 метров соответственно. Чем лучше детальность, тем больше время расчета.</p> |
| Высота приемной антенны, м | Высота центра фазового центра приемной антенны, м |
| Минимальный пороговый уровень, дБмкВ/м | Минимальный уровень принимаемого сигнала для расчета Strongest (Most likely) Server |

| | |
|--|---|
| Использовать цвета, заданные для каждого передатчика | Назначение цвета передатчику выполняется в соответствии с цветом, заданным в меню “Параметры передатчика” |
| Использовать цвета из таблицы | Назначение цвета выполнится по таблице в зависимости от частоты передатчика |

Расчет контуров по кривым распространения FCC

RadioPlanner 2.1 позволяет выполнить расчет сервисных и интерференционных контуров по кривым распространения FCC (Federal Communications Commission — Федеральная комиссия по связи США). Указанные контуры используются в Северной Америке (США, Канада, Мексика) на законодательном уровне, а также в некоторых странах как рекомендация при планировании размещения вещательных ТВ и РВ передатчиков.

Расчет контура выполняется в меню параметров соответствующего передатчика, для которого требуется построить контур FCC. Для расчета необходимо указать требуемое минимальное значение напряженности электромагнитного поля, а также указать тип кривой из ряда:

- F(50,50) – кривая для построения сервисного контура FM радиовещания и аналогового телевидения;
- F(50,10) – кривая для построения интерференционного контура;
- F(50,90) – кривая для построения сервисного контура цифрового телевидения.

После нажатия кнопки **Добавить слой** FCC контур появится на базовой карте в качестве векторного слоя. В названии этого слоя отображается информация о наименовании передатчика, типе кривой и уровне напряженности поля. По умолчанию сервисные контуры отображаются черным цветом, интерференционные – красным. Вы можете менять параметры отображения этого слоя по своему усмотрению, работа с ним не отличается от работы с другими векторными слоями на карте.

Подробнее об особенностях планирования вещательных сетей при помощи кривых FCC – см. <https://recnet.com/faq-contours> или <https://www.fcc.gov/media/radio/fm-and-tv-propagation-curves-graphs>

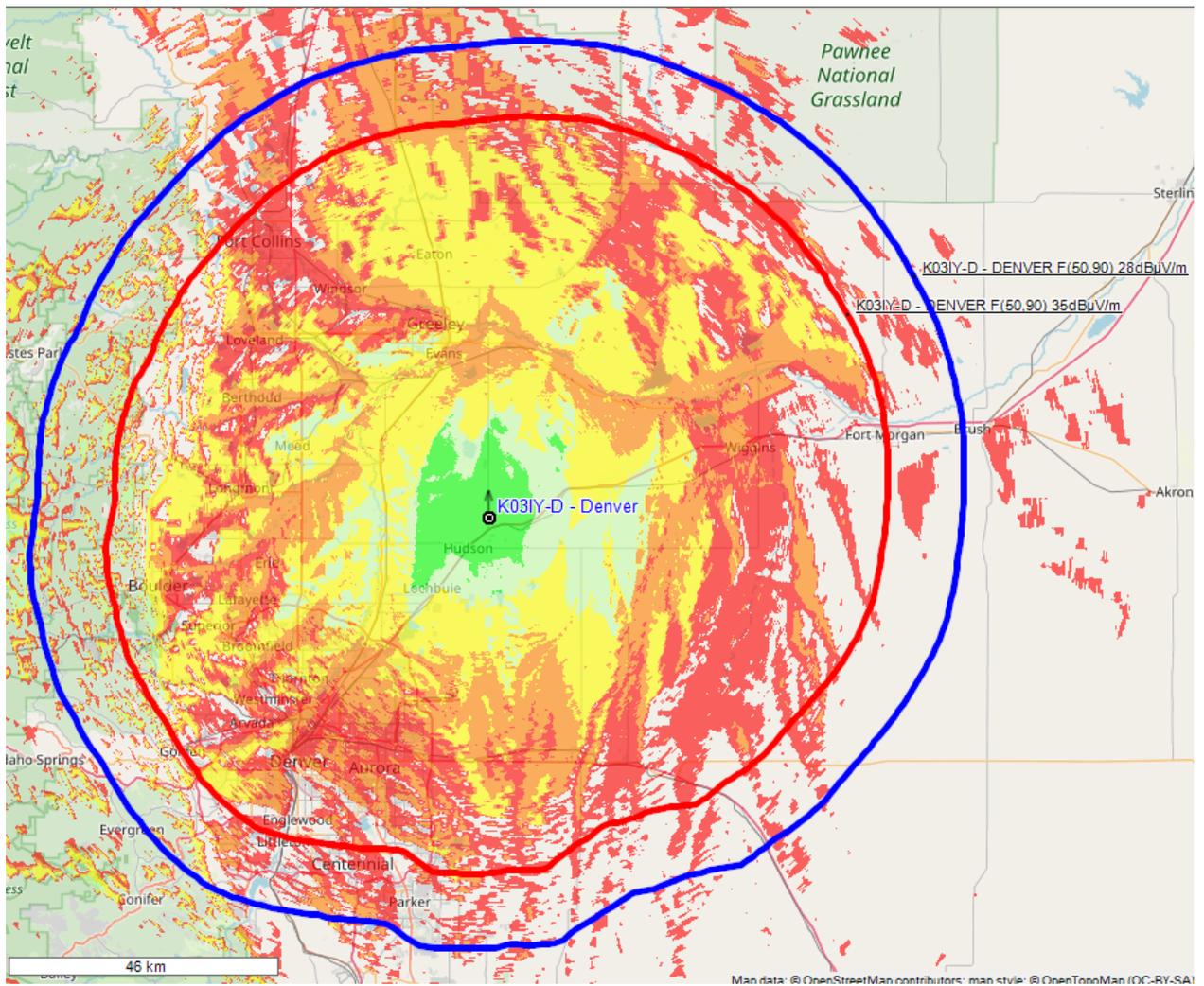


Рисунок 44. Контуры FCC

Расчет контуров по кривым распространения МСЭ-R P.1546-6

В RadioPlanner 2.1 также можно выполнить расчет сервисных и интерференционных контуров по кривым распространения МСЭ-R P.1546-6 (08/2019) "Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 4000 МГц" (Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 4 000 MHz). Указанные контуры широко используются при планировании размещения вещательных ТВ и РВ передатчиков.

Расчет контура выполняется в меню параметров соответствующего передатчика, для которого требуется построить контур по МСЭ-R P.1546-6. Для расчета необходимо указать требуемое минимальное значение напряженности электромагнитного поля, тип трассы, а также процент мест и времени, для которых будет произведен расчет.

Обычно используют следующие контуры (процент мест, процент времени):

- (50,50) – сервисный контур для FM радиовещания и телевидения;
- (50,10) и (50,1) – интерференционные контуры;

После нажатия кнопки **Добавить слой** контур появится на базовой карте в качестве векторного слоя. В названии этого слоя отображается информация о наименовании передатчика, типе кривой и уровне напряженности поля. По умолчанию все контуры отображаются черным цветом, но можно менять стиль отображения этого слоя по своему усмотрению, работа с ним не отличается от работы с другими векторными слоями на карте.

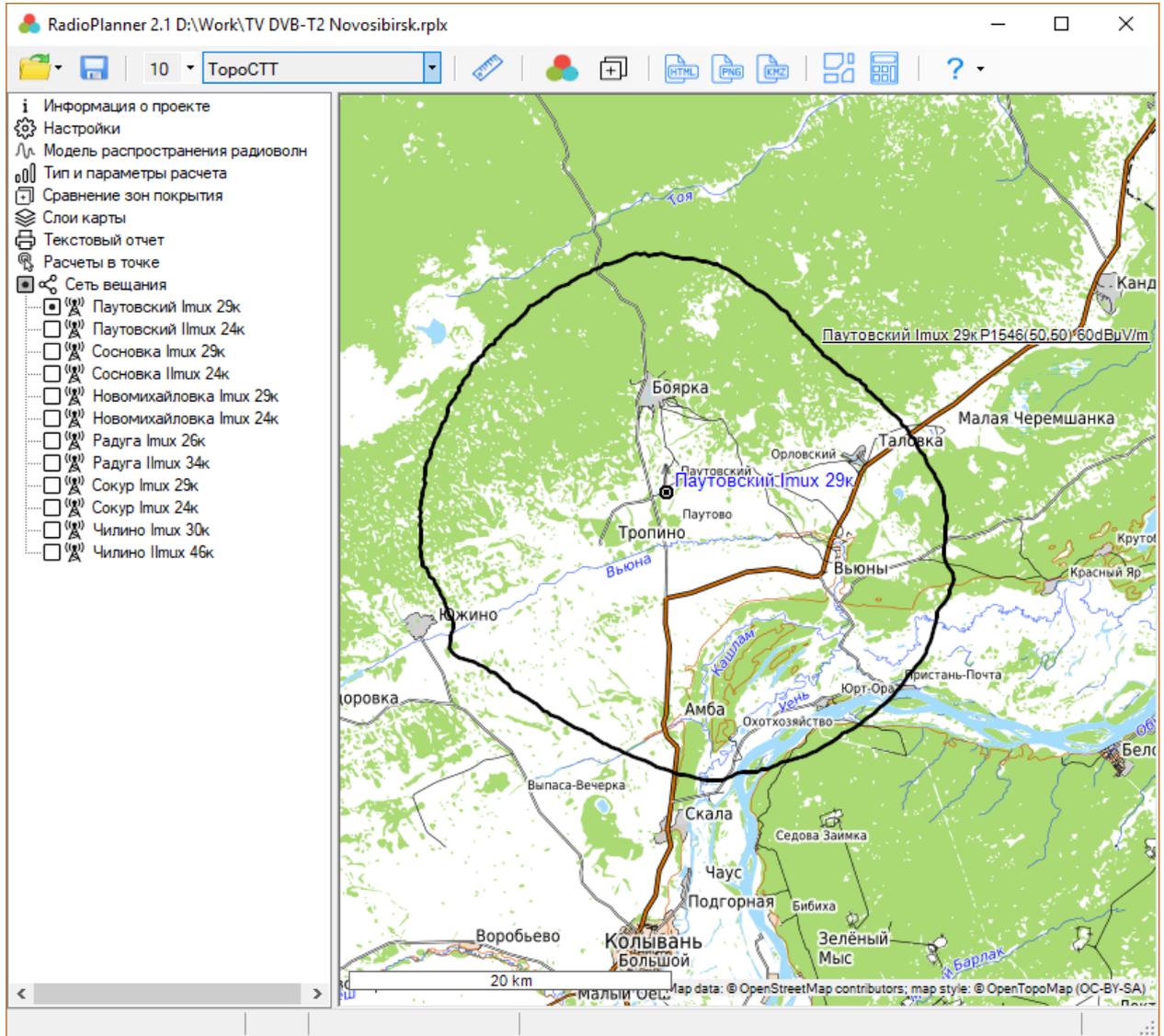


Рисунок 45. Контур по МСЭ-R P.1546-6

Расчеты в точке для передатчиков ТВ- и радиовещания

После входа в меню открывается панель, в которой отображается продольный профиль от выбранного передатчика до текущей точки, при этом на карте появляется соответствующий интервал. Текущую точку на карте можно изменить, просто кликнув мышью в нужном месте. Профиль представляет собой вертикальный разрез местности между передатчиком и приемной антенной с нанесенной информацией о высотных отметках земли, о границах лесных массивов,

границах и типах застройки. Цвета, которыми обозначаются различные препятствия на профиле соответствуют цветам модели препятствий.

На продольном профиле показывается высота центра излучения антенны передатчика и высота фазового центра приемной антенны, а также зона Френеля для радиолуча, величина потерь в свободном пространстве, дифракционные потери из-за рельефа местности, а также потери на окружающих приемную антенну препятствиях. Передатчик выбирается в левой части панели в общем дереве **Передатчики** – кликните мышью на нужном Вам передатчике (не путать с установкой значка активности), после чего информация по этому передатчику появится сверху над продольным профилем.



Рисунок 46. Расчеты в точке

Снизу под продольным профилем появляется результат расчета уровня напряженности электрического поля в указанной точке.

Расчет количества населения, охваченных теле- и радио вещанием

Программа RadioPlanner позволяет выполнить автоматический расчет количества населения в зоне охвата на основе базы данных проекта OpenStreetMap, а также автоматически сформировать перечень населенных пунктов, охваченных теле и радио вещанием.

Для расчета количества населения сначала нужно выполнить расчет зоны обслуживания от передатчика (или нескольких передатчиков). Расчет охвата населения будет выполняться для самого минимального уровня напряженности поля из указанных в меню **Тип и параметры расчета**. Чтобы вывести результаты расчета зайдите в меню **Текстовый отчет** и нажмите на кнопку **Охват населения**, после чего появится таблица с перечнем охваченных вещанием населенных пунктов. Под таблицей указывается общая площадь зоны обслуживания в квадратных километрах, а также средний радиус зоны обслуживания (при расчете зоны от одного передатчика).

Текстовый отчет

Общий отчет для проекта
 Охват населения
 Только активные передатчики
 Развернутый отчет для оборудования
 Все передатчики

1 из 1 | 100% | Найти | Следующий

11.06.2019 9:45:39 RadioPlanner 2.1 Стр. 1 из 1

Охват населения вещанием

| № | Населенный пункт | Субъект Федерации | Район | Население |
|----|------------------|-----------------------|---------------------|-----------|
| 1 | Колывань | | | 12429 |
| 2 | Мочище | Новосибирская область | Новосибирский район | 3036 |
| 3 | Садовый | Новосибирская область | Новосибирский район | 2486 |
| 4 | Скала | Новосибирская область | Колыванский район | 1773 |
| 5 | Дубровино | Новосибирская область | Мошковский район | 1062 |
| 6 | Вьюны | Новосибирская область | Колыванский район | 1025 |
| 7 | Белоярка | | | 975 |
| 8 | Озёрный | Новосибирская область | Новосибирский район | 893 |
| 9 | Кандаурово | Новосибирская область | Колыванский район | 628 |
| 10 | Боярка | Новосибирская область | Колыванский район | 596 |
| 11 | Сидоровка | Новосибирская область | Колыванский район | 490 |
| 12 | Новотроицк | Новосибирская область | Колыванский район | 473 |
| 13 | Успенка | Новосибирская область | Мошковский район | 421 |
| 14 | Амба | Новосибирская область | Колыванский район | 385 |
| 15 | Южино | Новосибирская область | Колыванский район | 276 |
| 16 | Тропино | Новосибирская область | Колыванский район | 148 |
| 17 | Таловка | Новосибирская область | Колыванский район | 126 |
| 18 | Чаус | Новосибирская область | Колыванский район | 121 |
| 19 | Малая Черемшанка | Новосибирская область | Колыванский район | 94 |
| 20 | Паутовский | Новосибирская область | Колыванский район | 61 |
| 21 | Пристань-Почта | Новосибирская область | Колыванский район | 51 |
| 22 | Юрт-Ора | Новосибирская область | Колыванский район | 51 |
| 23 | Орловский | Новосибирская область | Колыванский район | 12 |
| 24 | Кочетовка | Новосибирская область | Колыванский район | 4 |
| 25 | Седова Заимка | Новосибирская область | Новосибирский район | 4 |
| 26 | Охотхозяйство | Новосибирская область | Колыванский район | 3 |
| 27 | Паутово | Новосибирская область | Колыванский район | 1 |
| | ВСЕГО | | | 27624 |

| | |
|----------------------------------|------------------------|
| Площадь зоны обслуживания | 3406,3 км ² |
| Средний радиус зоны обслуживания | 32,9 км |

Рисунок 47. Отчет "Охват населения вещанием"

Авиационная радиосвязь

Программа RadioPlanner 2.1 позволяет рассчитывать зоны радиопокрытия для систем авиационной радиосвязи линий земля-воздух и радионавигации (АЗН-В, VOR, DME и проч.), работающих в диапазонах частот ОВЧ, УВЧ и СВЧ.

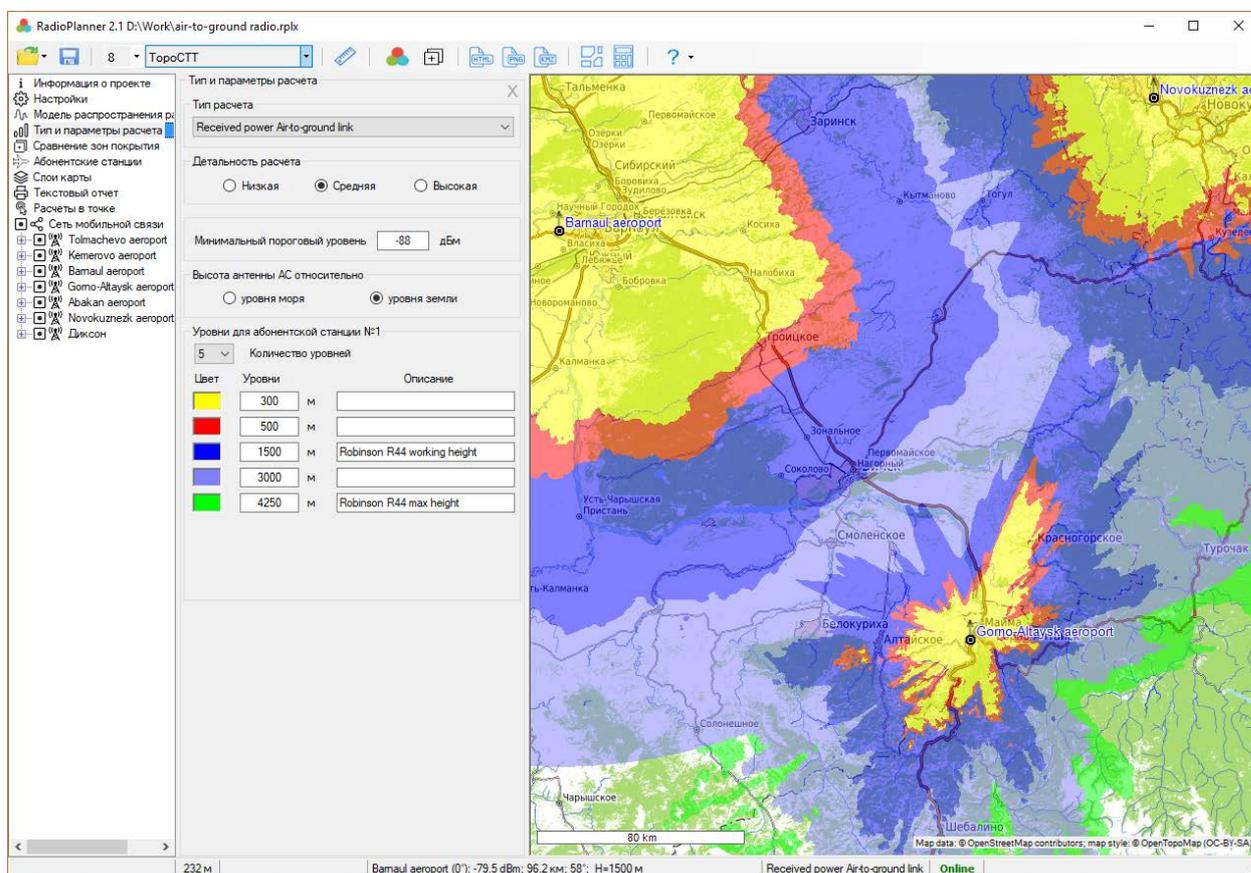


Рисунок 48. Пример расчета для зоны покрытия для малой авиации

Перед началом работы следует выбрать тип проекта *Авиационная радиосвязь* в меню *Настройки* (см. Раздел *Настройки*).

Набор параметров для базовой станции подвижной воздушной службы, а также меню для ввода этих параметров полностью совпадает таковым для сети мобильной связи (См. Раздел *Сети мобильной связи – Базовые станции*).

Набор параметров оборудования для подвижной абонентской станции воздушной службы совпадает с набором параметров для сети мобильной связи (См. Раздел *Сети мобильной связи – Абонентские станции*), за исключением параметра *высота антенны*, которая здесь не указывается (высота абонентской станции для подвижной воздушной службы используется как параметр в меню *Тип и параметры расчета*). Кроме того, в проектах *Авиационная радиосвязь* указывается параметры только для одного типа абонентской станции.

Модель распространения радиоволн для проектов “Авиационная радиосвязь”

В этом меню устанавливаются параметры модели распространения радиоволн.

В расчетах используется комбинированная модель, учитывающая рекомендацию ITU-R P.528-3 (02/2012) “Кривые распространения радиоволн для воздушной подвижной и радионавигационной служб, работающих в диапазоне ОВЧ, УВЧ и СВЧ”, которая основана на модели распространения радиоволн IF-77 Гирхарта-Джонсона, специально разработанной для авиационной радиосвязи и рекомендацию ITU-R P.526-14 (01/2018) “Распространение радиоволн за счет дифракции”.

В применяемой комбинированной модели учитываются следующие факторы, влияющие на распространение радиоволн на трассе земля-воздух:

- потери сигнала в свободном пространстве;
- дифракционные потери на трассе с учетом кривизны Земли и профиля местности, извлекаемого из цифровой модели высот SRTM;
- временная нестабильность принимаемого радиосигнала из-за многолучевых замираний на трассе.

В модели не учитываются замирания в дожде, поэтому частотный диапазон ее применимости ограничен 7000 МГц (100 МГц-7000 МГц).

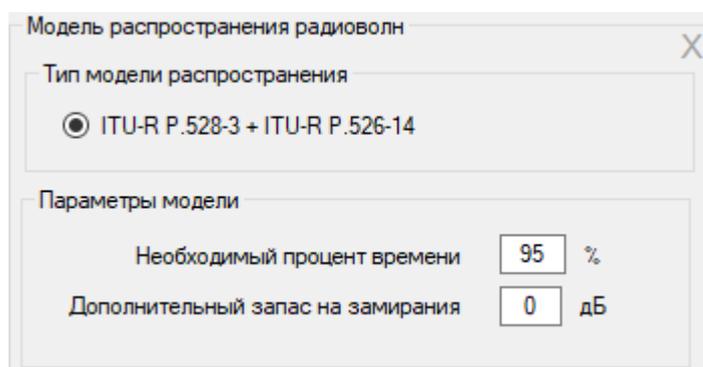


Рисунок 49. Меню “Модель распространения радиоволн” для проектов авиационная радиосвязь

| | |
|---------------------------------------|--|
| Необходимый процент времени, % | Процент по времени, для которого будет производиться расчет (для авиации рекомендуется 95%); |
| Дополнительный запас на замирания, дБ | Дополнительный запас на замирания, который будет учитываться при расчетах, дБ |

Тип и параметры расчета

В этой форме выбирается тип расчета, а также его параметры.

Для проектов типа “Авиационная радиосвязь” можно выбрать один из следующих видов расчетов:

- Мощность на приеме в направлении воздух-земля (Received power Air-to-Ground link);
- Мощность на приеме в направлении земля-воздух (Received power Ground-to-Air link);

- Зоны максимального уровня мощности на приеме в направлении воздух-земля (Strongest (most likely) Server Air-to-Ground link)

Мощность на приеме в направлении воздух-земля или земля-воздух (Received power Air-to-ground/Ground-to-air link)

В этих типах расчета на карте отображаются различными цветами области покрытия для разных высот нахождения абонентской станции (летательного аппарата). Можно установить от одного до восьми различных высотных уровней.

После выполнения расчета в статусной строке также будет отображаться уровень принимаемой мощности в текущей точке для разных высот.

| Цвет | Уровни | Описание |
|-------------|--------|-----------------------------|
| Yellow | 100 м | |
| Red | 500 м | |
| Blue | 1500 м | рабочая высота Robinson R44 |
| Light Blue | 3000 м | |
| Olive Green | 4250 м | макс. высота Robinson R44 |

Рисунок 50. Мощность на приеме в направлении воздух-земля

| | |
|---------------------|---|
| Детальность расчета | <ul style="list-style-type: none"> - Низкая - Средняя - Высокая <p>Детальность, с которой будет представлен результат расчета. При этом разрешение соответствует одному пикселю экрана для zoom=7 (низкая детальность), zoom=8 (средняя) и zoom=9 (высокая). Для географической широты</p> |
|---------------------|---|

| | |
|------------------------------------|---|
| | 55 градусов это примерно 720, 360 и 180 метров соответственно. Чем выше детальность, тем больше время расчета. |
| Минимальный пороговый уровень, дБм | Минимально необходимый уровень сигнала на приеме, дБм |
| Высота антенны АС относительно | - Относительно уровня моря; - Относительно уровня земли |
| Количество высот | Количество высотных уровней для абонентской станции |
| Цвет | Цвет высотного уровня зоны покрытия |
| Уровни, м | Значение высоты уровня абонентской станции, для которой отображается зона покрытия, м |
| Описание | Текстовое поле |

Зоны максимального уровня мощности на приеме в направлении воздух-земля (Strongest (most likely) Server Air-to-Ground link)

В данном типе расчета на базовой карте отображаются области, в которых мощность на приеме в направлении воздух-земля для соответствующего сектора БС больше, чем от секторов других БС. При этом цвета, которыми обозначаются зоны от различных секторов могут быть назначены автоматически из стандартного набора, либо назначены в соответствии с таблицей частотных групп.

Тип и параметры расчета

Тип расчета
Strongest (most likely) Server Air-to-ground link

Детальность расчета
 Низкая Средняя Высокая

Минимальный пороговый уровень дБм

Высота антенны АС относительно
 уровня моря уровня земли

Высота антенны АС м

Цвета зон для расчета Strongest Server
 Использовать автоматическое назначение цветов
 Использовать цвета из таблицы

| | Группа каналов | Цвет |
|---|----------------|----------------|
| ▶ | f01 | Красный |
| | f02 | Зеленый |
| | f03 | Синий |
| | f04 | Циан |
| | f05 | Фиолетовый |
| | f06 | Желтый |
| | f07 | Лимонный |
| | f08 | Розовый |
| | f09 | Оранжевый |
| | f10 | Светло-зеленый |
| | f11 | Темно-зеленый |
| | f12 | Фиолетовый |

Рисунок 51. Расчет Strongest Server

| | |
|---------------------|---|
| Детальность расчета | <ul style="list-style-type: none"> - Низкая - Средняя - Высокая <p>Детальность, с которой будет представлен результат расчета. При этом разрешение соответствует одному пикселю экрана для zoom=7 (низкая детальность), zoom=8 (средняя) и zoom=9 (высокая). Для географической широты 55 градусов это примерно 720, 360 и 180 метров соответственно.</p> <p>Чем выше детальность, тем больше время расчета.</p> |
|---------------------|---|

| | |
|---|--|
| Необходимый уровень на приеме, дБм | Уровень принимаемого сигнала для расчета Strongest (Most likely) Server, дБм |
| Высота антенны АС относительно | - Относительно уровня моря; - Относительно уровня земли |
| Высота антенны АС, м | Значение высоты уровня абонентской станции, для которой отображается зона покрытия, м |
| Использовать автоматическое назначение цветов | Назначение цветов секторам БС выполняется автоматически из стандартного набора |
| Использовать цвета из таблицы | Назначение цветов секторам БС выполнится по таблице в соответствии с цветами частотных групп |

Расчеты в точке для авиационной радиосвязи

После входа в меню открывается панель, в которой отображается продольный профиль от выбранной базовой станции до текущей точки. Текущую точку на карте можно изменить, просто кликнув мышью в нужном месте. Профиль представляет собой вертикальный разрез местности между базовой станцией и мобильной станцией с нанесенной информацией о высотных отметках земли.

На продольном профиле показываются высоты центров излучения антенн базовой и абонентской станции, а также зона Френеля для радиолуча, величина потерь в свободном пространстве и дифракционные потери из-за рельефа местности. Базовая станция, для которой будет построен профиль выбирается в левой части панели в общем дереве **Базовые станции** – кликните мышью на сектор нужной БС (не путать с установкой значка активности), после чего информация по этой БС появится сверху над продольным профилем.

Высота абонентской станции выбирается в выпадающем списке справа над продольным профилем из набора высот, указанного для расчета зон покрытия в меню *Тип и параметры расчета - Мощность на приеме в направлении воздух-земля*.

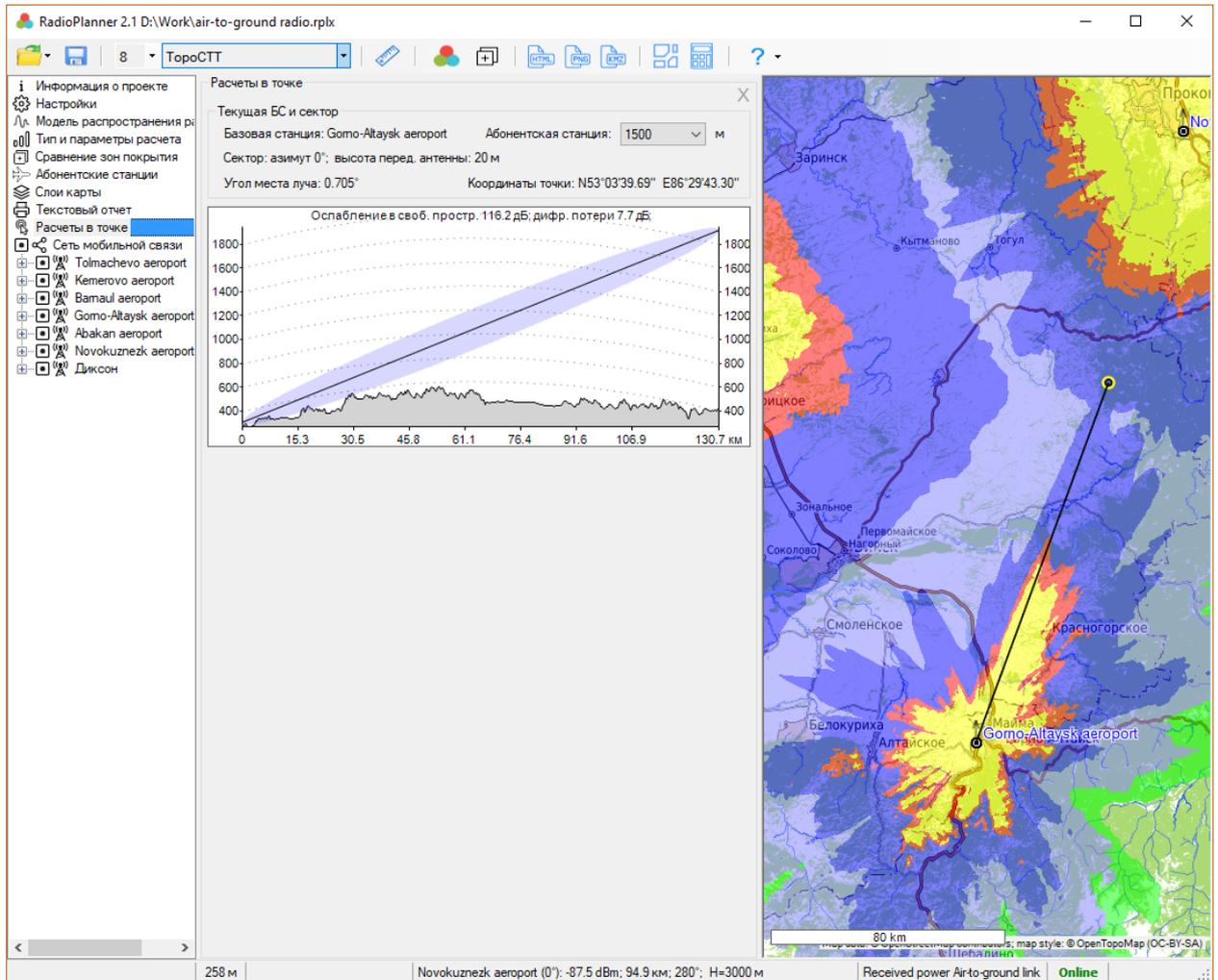


Рисунок 52. Расчеты в точке для авиационной радиосвязи

Некоторые особенности расчета зон покрытия для авиационной радиосвязи приведены в Приложении 1.

Редактор модели препятствий

RadioPlanner позволяет создать пользовательскую модель препятствий при помощи встроенного редактора модели препятствий. Пользовательская модель препятствий формируется путем замены откорректированных пользователем областей в исходной модели препятствий. В качестве источника данных для пользовательской модели препятствий используется базовая карта с актуальной информацией о застройке и лесах.

Чтобы запустить редактор, нажмите кнопку  на основной панели программы.

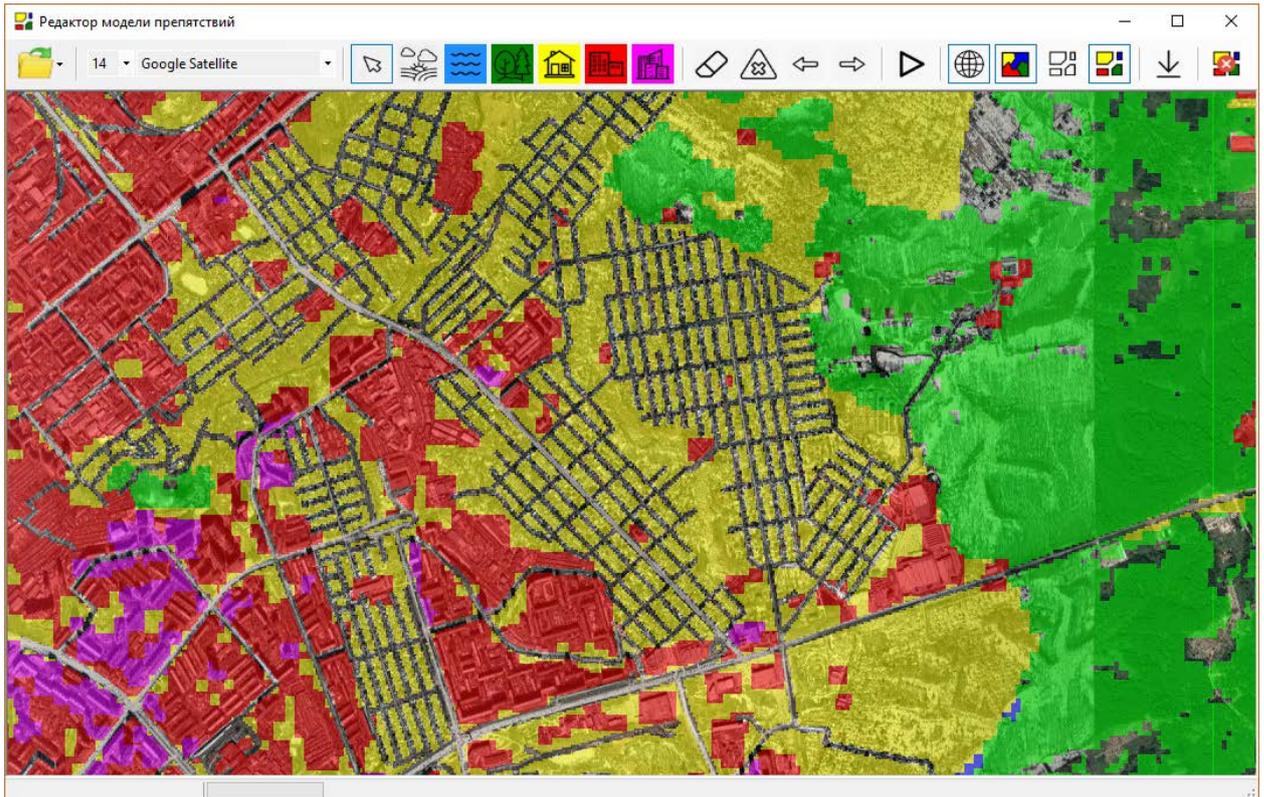


Рисунок 53. Редактор модели препятствий

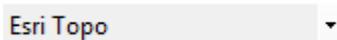
Команды меню оформлены в виде панели инструментов. При наведении на каждую из иконок появляется поясняющая надпись.



- стандартные инструменты работы с файлами полигонов застройки и лесов *.plg **Создать, Открыть, Сохранить**



- Текущий Zoom (уровень детализации) карт тайлового сервера картографической подложки;



- Базовая карта (картографическая подложка);



- выход из режима рисования полигонов;



- нарисовать полигон "Открытое пространство";



- нарисовать полигон "Водная поверхность";



- нарисовать полигон "Лес";



- нарисовать полигон "Пригородная застройка";



- нарисовать полигон "Городская застройка";



- нарисовать полигон "Плотная городская застройка";



- удалить полигон; для удаления полигона выберете этот инструмент и затем кликните мышкой на полигоне (полигонах) подлежащих удалению.



- удалить все полигоны; удаляет все нарисованные пользователем полигоны. Это действие

можно отменить при помощи кнопки



- отменить последнее действие в редакторе;



- вернуть последнее действие в редакторе;



- преобразовать полигоны в пользовательскую модель препятствий;



- показывать базовую карту;



- показывать исходную модель препятствий;



- показывать полигоны, нарисованные пользователем;



- показывать пользовательскую модель препятствий;



- загрузить исходную модель препятствий в пределах области экрана;



-удалить пользовательскую модель препятствий в пределах области экрана;

Текущий zoom карты можно менять при помощи прокручивания колеса мыши. Отображение исходной и пользовательской моделей препятствий на карте начинается с zoom не менее 11.



Навигация по карте выполняется при помощи левой кнопки мыши при нажатой кнопке . В режиме рисования полигонов карту можно сдвигать при помощи нажатия на колесо мыши.

Порядок работы по корректировке исходной модели препятствий состоит из двух этапов:

1. Отрисовка полигонов для различных категорий препятствий по базовой карте;

Для того, чтобы нарисовать полигон препятствий нужной категории, кликните на соответствующую иконку, указатель мыши при этом поменяется на перекрестье. Укажите последовательно кликом мыши вершины полигона, для завершения рисования полигона нажмите на правую кнопку мыши. Затем можно переходить к отрисовке следующего полигона выбранной категории. Чтобы сменить категорию препятствий – кликните на нужную иконку на панели инструментов. При помощи панели инструментов можно удалять отдельные полигоны или все полигоны сразу, а также отменить или вернуть до 10-ти действий в редакторе. Рисование текущего полигона можно прекратить, нажав на кнопку Esc.

При отрисовке полигонов следует учитывать их иерархию, которая усиливается если смотреть на иконки категорий на панели инструментов слева на право. То есть, например, внутри полигона “открытое пространство” можно нарисовать любой из полигонов, а внутри полигона леса можно нарисовать застройку любой категории. Корректировку исходной модели препятствий удобно начинать с отрисовки полигонов “открытое пространство”, внутри которых затем рисуются полигоны леса и застройки.

Полигоны можно сохранить для дальнейшего использования в файле с расширением *.plg

2. Преобразование полигонов в пользовательскую модель препятствий;

Для преобразования нарисованных полигонов в пользовательскую модель препятствий нажмите



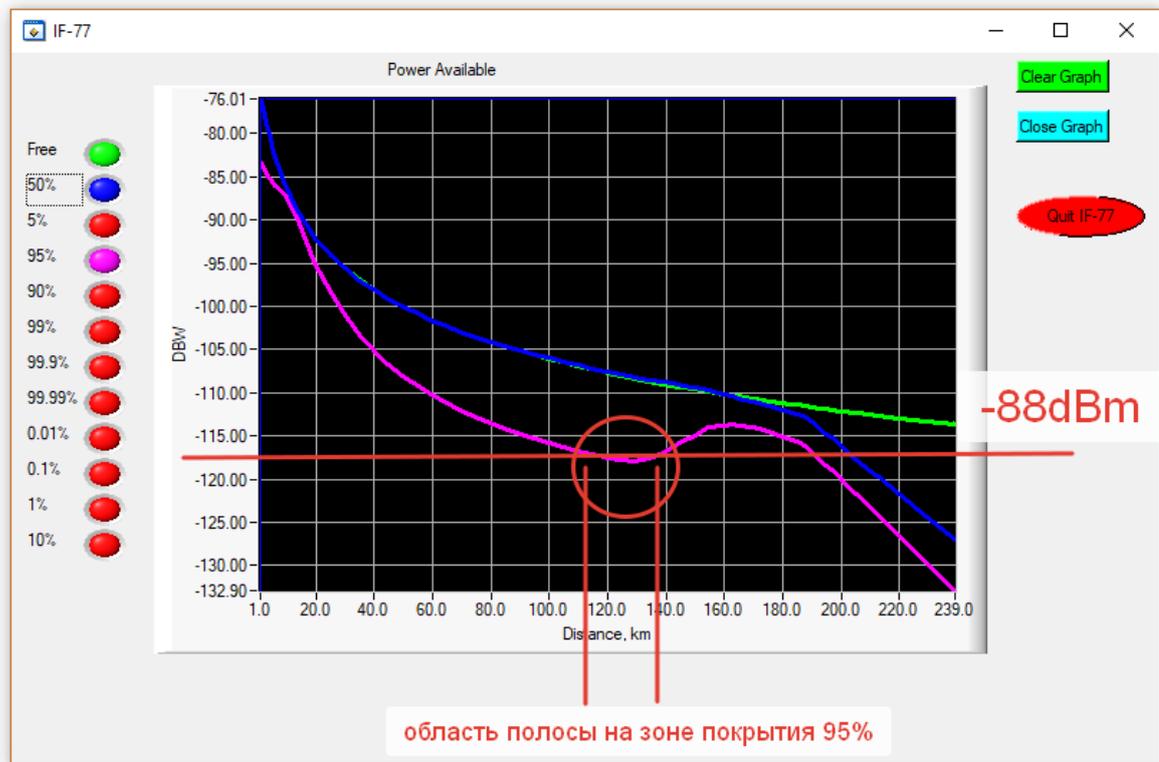
на кнопку на панели инструментов, после чего программа преобразует полигоны в матрицу пользовательской модели препятствий. Откорректированные элементы матрицы пользовательской модели сохраняются в кэше наряду с исходной матрицей препятствий.

Выбор модели препятствий – исходной или пользовательской, которая будет учитываться при расчетах и выводится в качестве слоя на карте осуществляется в меню “Модель распространения радиоволн” в RadioPlanner.

При помощи соответствующих кнопок панели инструментов редактора можно включать/выключать просмотр базовой карты, созданных полигонов, а также исходной и пользовательской моделей препятствий.

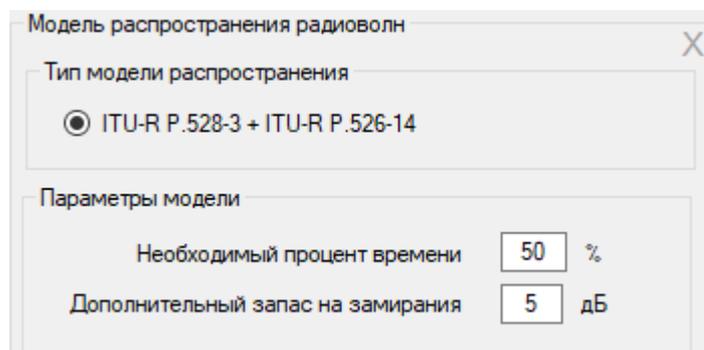
При корректировке модели препятствий следует учитывать, что используемая в программе модель распространения радиоволн ITU-R P.1812-4 предполагает детализацию цифровой модели с разрешением в десятки метров. Соответственно, нет смысла обрисовывать отдельные здания и деревья - достаточно обозначать кварталы застройки и лесные массивы.

который и определяет провал в принимаемой мощности и соответствующую полосу на зоне покрытия.

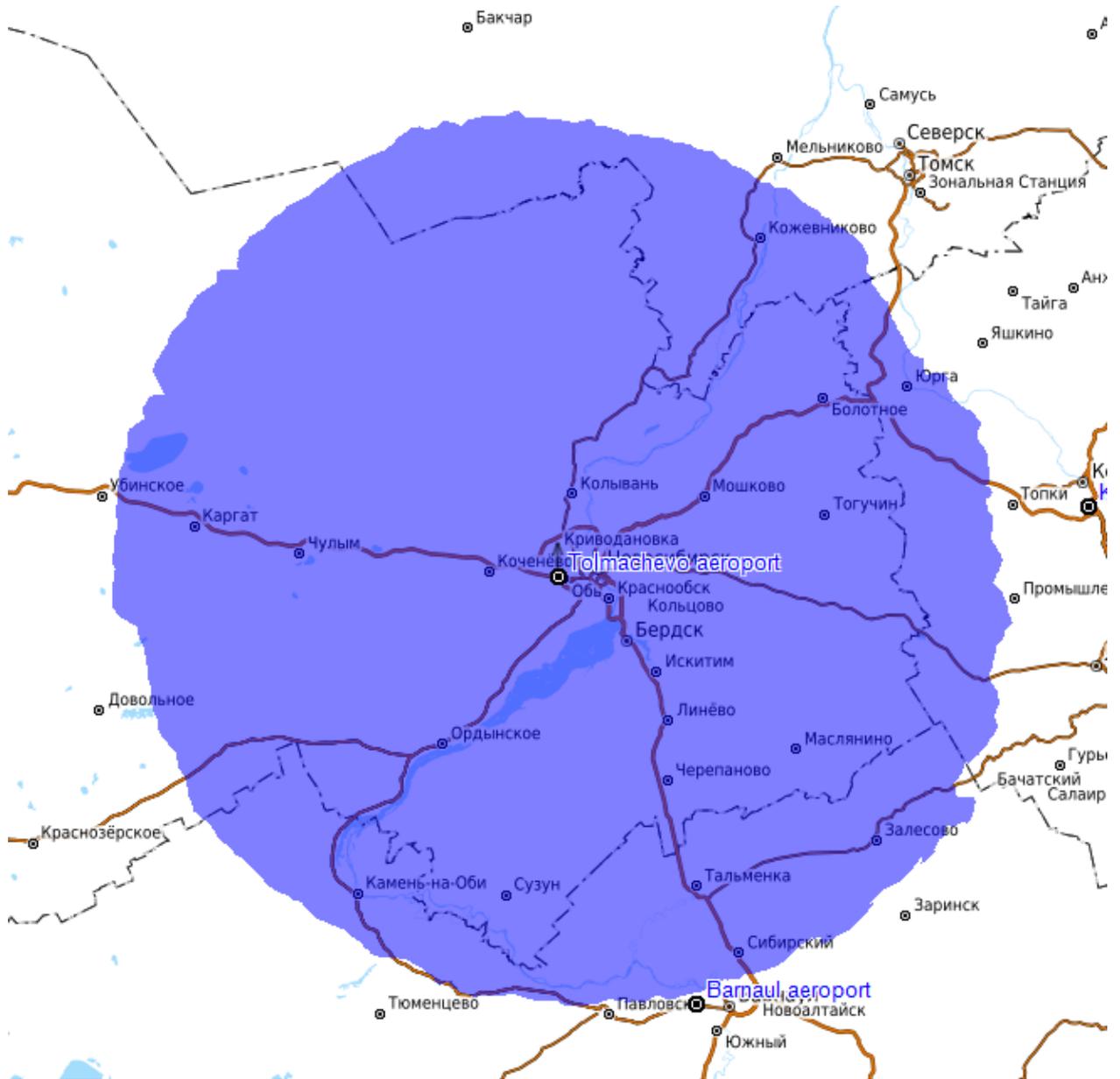


Обычно появление подобной полосы на зоне покрытия означает не значительное, в пределах 5-7 процентов снижение вероятности установление связи в данной области. На практике подобное снижение вероятности связи в небольшой области в пределах зоны покрытия можно считать допустимым.

Для того, чтобы учесть это допущение на зоне покрытия, следует выполнить расчет для средней мощности принимаемого сигнала (вероятность по времени 50%) с учетом дополнительного запаса на замирания в пределах 5-7 дБ.



После чего результат расчета для рассматриваемого выше примера будет выглядеть так:



Приложение 2. Примеры выполнения расчетов для различных сетей связи и вещания

Вместе с дистрибутивом на диске находятся несколько примеров проектов для различных систем связи и вещания.