

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.04.2026 13:33:20

Уникальный программный идентификатор

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e843df4a4851fda56d0889

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра информационной безопасности

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 20 » 03 2026



КОНФИГУРИРОВАНИЕ И НАСТРОЙКА БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ С ТОПОЛОГИЕЙ BSS

Методические указания по выполнению лабораторной работы

Курск 2026

УДК 004.7

Составитель: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина

Рецензент

Доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры информационной безопасности
А. А. Гуламов

Конфигурирование и настройка беспроводной сети с топологией BSS: методические указания по выполнению лабораторной работы/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина. – Курск, 2026. – 27 с.

В методических указаниях приведен теоретический материал о принципах построения беспроводных локальных сетей Wi-Fi с топологией BSS (Basic Service Set), а также описание механизмов доступа к среде, включая CSMA/CA, RTS/CTS и режим фрагментации.

Полученные знания в результате выполнения лабораторной работы дадут возможность сформировать компетенции исследования влияния различных факторов (загрузки сети, количества станций, внешних помех) на пропускную способность и производительность беспроводных сетей связи.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и специальности 10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем. Представляют интерес для студентов и аспирантов всех направлений подготовки и специальностей технического и экономического направлений.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 20.03.26. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 1,57. Уч.-изд. л. 1,4. Тираж 100 экз. Заказ 310 Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель лабораторной работы

Получение практических навыков создания сетей Wi-Fi с топологией BSS, а также исследование влияния различных факторов на пропускную способность беспроводной локальной сети.

2 Краткие теоретические сведения

Топология Basic Service Set – (BSS) беспроводной локальной сети является известной по системам мобильной связи топологией «точка – множество точек». При использовании такой топологии все пользовательские станции находятся в зоне действия точки доступа (Access Point – AP). Все пакеты, передаваемые от одной абонентской станции к другой, поступают сначала на точку доступа, а затем на станцию-получателя.

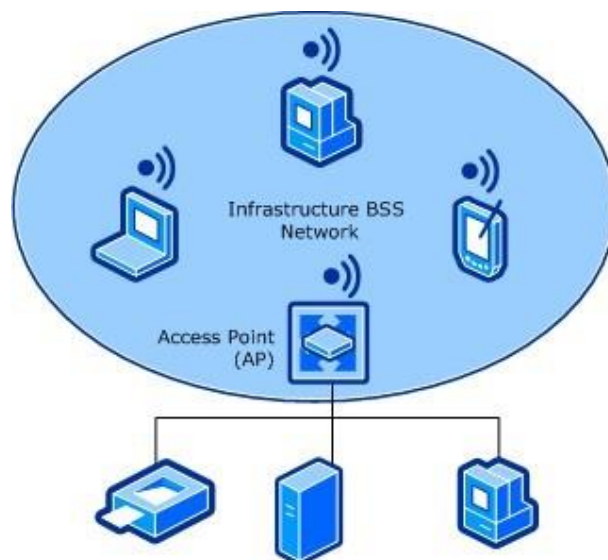


Рисунок 1 – Топология BSS

Точка доступа обеспечивает подключение абонентских станций сети Wi-Fi к проводной сети (например, к сети Ethernet). Часто производители оборудования называют также эту топологию Инфраструктурой (Infrastructure).

3 Задание на лабораторную работу

1. Изучить методические указания к лабораторной работе. Пользуясь приведенным в приложениях описанием настройки

точки доступа и станций пользователя:

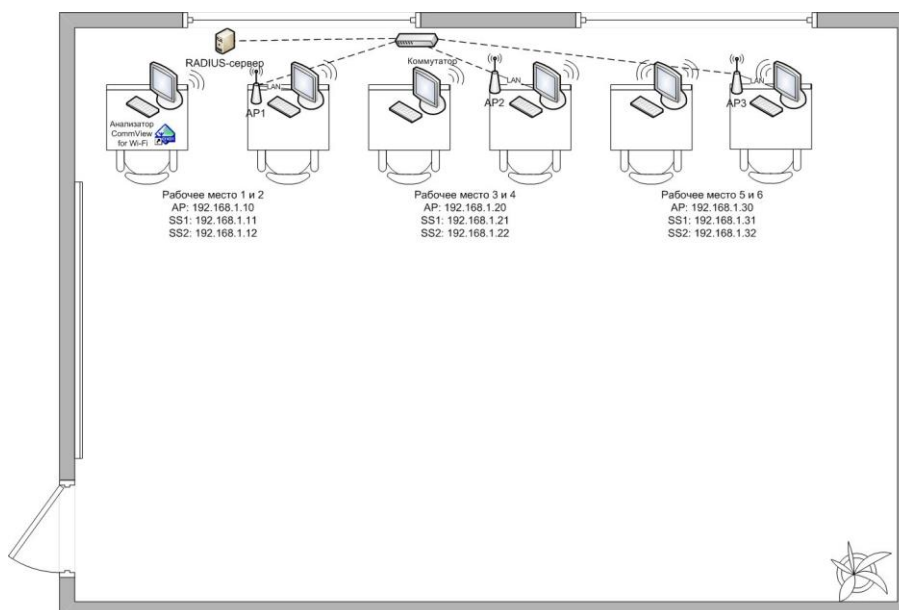
2. Изучить настройки радиоинтерфейса точки доступа.
3. Развернуть сеть Wi-Fi с заданными преподавателем характеристиками.
4. Измерить среднюю пропускную способность сети с одной точкой доступа и двумя станциями.
5. Оценить влияние механизма RTS/CTS и режима фрагментации на пропускную способность сети.
6. Оценить влияние соканальных сетей Wi-Fi на пропускную способность сети.
7. Исследовать влияние количества подключенных абонентских станций на пропускную способность сети. Зафиксировать, как пропускная способность делится между станциями.
8. Оформить отчет по лабораторной работе и подготовиться к его защите. Для подготовки рекомендуется ответить на контрольные вопросы.

Порядок проведения эксперимента

Внимание! Перед выполнением лабораторной работы рекомендуется приостановить работу антивируса Kaspersky. Для этого достаточно выбрать значок антивируса на панели задач, нажать правой кнопкой мыши и выбрать пункт **Приостановка защиты и контроля...**

В результате выполнения работы в лаборатории должна быть развернута беспроводная локальная сеть с топологией BSS (Infrastructure). Все исследования будут проводиться в этой сети.

Схема лабораторного помещения приведена на рисунке 2.



3.1 Установка базы данных для работы в классе

Для настройки точки доступа можно использовать специальное программное обеспечение, поставляемое на диске, который прилагается к точке доступа при ее покупке. Однако для удобства пользователей точка доступа может быть сконфигурирована с помощью программы Internet Explorer (или любого другого интернет-браузера). Во втором случае возможна и удаленная настройка точки доступа.

1. Задайте на проводном сетевом интерфейсе ПК, с которого осуществляется настройка точки доступа, следующие IP-адреса и маски подсетей:

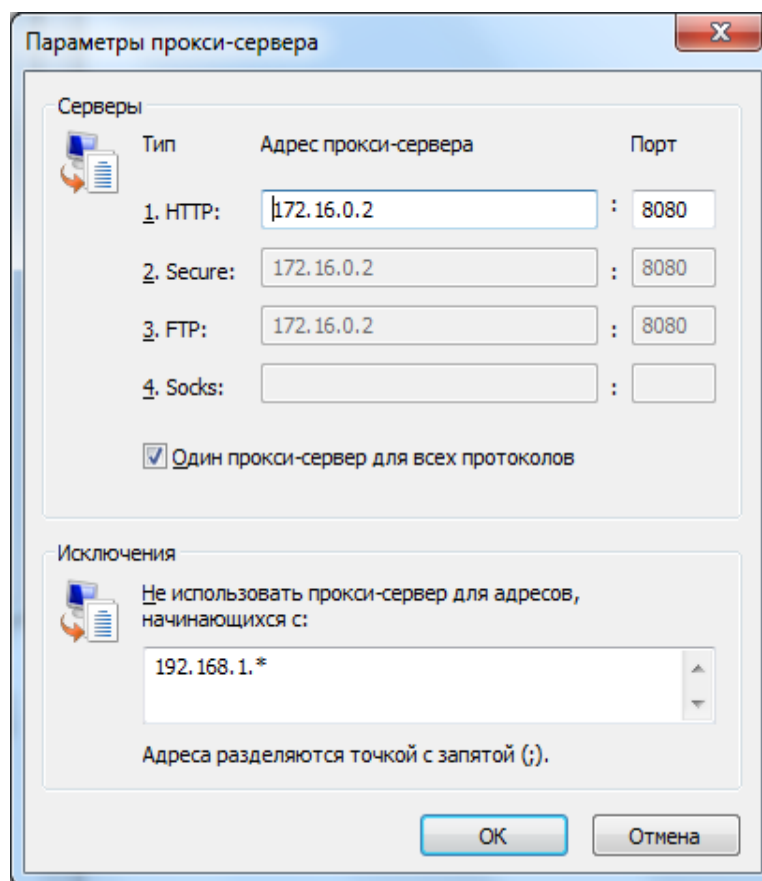
Таблица 1 – IP-адреса и маски подсетей

Параметр настройки	Задание для подгруппы		
	1	2	3
IP-адрес ПК	192.168.0.19	192.168.0.29	192.168.0.39
Маска подсети	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0

2. Подключите точку доступа к порту Ethernet ПК с помощью кабеля.

3. Запустите программу MS Internet Explorer (или любой другой браузер) и введите в поле адреса следующий IP-адрес: <http://192.168.0.1>.

Внимание! В случае использования прокси-сервера для локальных подключений может потребоваться добавить исключения для адреса точки доступа. Для этого необходимо открыть свойства обозревателя (Alt+X) Internet Explorer и перейти в раздел **Подключения/Настройка сети/Дополнительно**. В окне Исключения следует прописать адреса точек доступа, используемых в лабораторной работе. Например: 192.168.1.* - исключает все адреса подсети.



4. Введите имя пользователя **admin**, пароль **admin**.

5. Пользуясь приложением к данной работе и открытым в окне браузера интерфейсом настройки точки доступа, ознакомьтесь с основными элементами управления и группами настроек.

3.2 Развертывание сети с топологией BSS

Для создания беспроводной сети с топологией BSS необходимо настроить точку доступа и абонентские станции. Настройка точки доступа производится через web-интерфейс, настройка абонентских станций – с помощью средств ОС.

Вначале следует настроить точку доступа, а затем приступить к настройке абонентских станций.

Каждая подгруппа настраивает сеть со следующими параметрами:

Таблица 2 – Параметры настраиваемой сети

Параметр настройки	Задание для подгруппы		
	1	2	3
Режим работы	Access Point		
SSID	group1	group2	group3
Канал	2	4	8
IP-адрес AP	192.168.1.10	192.168.1.20	192.168.1.30
IP-адреса SS	192.168.1.11 192.168.1.12	192.168.1.21 192.168.1.22	192.168.1.31 192.168.1.32
IP-адрес ПК	192.168.1.19	192.168.1.29	192.168.1.39
Маска подсети	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0

1. Подключитесь к точке доступа через web-интерфейс.
2. Перейдите в пункт меню **Wireless -> Wireless Settings**.
3. В поле **SSID** введите идентификатор зоны обслуживания в соответствии с заданием для вашей подгруппы (табл. 2.2).
4. В поле **Region** из выпадающего списка выберите **Russia**.
5. В поле **Channel** из выпадающего списка выберите номер канала в соответствии с заданием для вашей подгруппы (табл. 2.2).
6. Нажмите на кнопку **Save**, чтобы сохранить настройки.
7. Перейдите в пункт меню **Network -> LAN**.
8. В поле **IP Address** введите IP-адрес точки доступа в соответствии с заданием для вашей подгруппы (табл. 2.2).
9. В поле **Subnet Mask** введите маску подсети в соответствии с заданием для вашей подгруппы (табл. 2.2).
10. Нажмите на кнопку **Save**, чтобы сохранить настройки.
11. Перейдите в пункт меню **System tools -> Reboot** и нажмите на кнопку **Reboot**. Начнется перезагрузка точки доступа, чтобы применить все сделанные настройки.
12. Отключите точку доступа от ПК. Она должна работать автономно.
13. Настройте IP-адреса и маски подсетей на абонентских станциях в соответствии с заданием для вашей подгруппы (табл. 2.2). Настройка должна производиться для беспроводного соединения.
14. Подключите абонентские станции к точке доступа SSID вашей подгруппы.
15. С помощью команды **ping** проверьте, что станции слышат

друг друга. Для этого в командной строке Windows введите команды `ping 192.168.1.XXX -t`, где вместо **XXX** подставляйте значения адресов точки доступа и других абонентских станций.

3.3 Измерение пропускной способности сети

Пропускная способность сети Wi-Fi с топологией BSS определяется скоростью передачи на физическом уровне, а также методом доступа станций к общей среде передачи.

1. Начните передачу большого файла (рекомендуемый объем ~200 Мбайт) с одной абонентской станции на другую.
2. На каждой из станций нажмите на комбинацию клавиш **CTRL+SHIFT+ESC**, перейдите во вкладку Сеть и наблюдайте скорость приема/передачи информации.
3. Вычислите пропускную способность сети.

3.4 Исследование влияния механизма RTS/CTS и режима фрагментации на пропускную способность

Механизм RTS/CTS призван устранить последствия проблемы «скрытого узла» в сети Wi-Fi. При этом пропускная способность сети, использующей механизм RTS/CTS, будет ниже. Это связано с дополнительной передачей служебных пакетов RTS и CTS через радиоканал.

Режим фрагментации позволяет повысить вероятность доставки фрейма через зашумленную среду. При этом пропускная способность

1. Включите на точке доступа режим RTS/CTS. Для этого перейдите в пункт меню **Wireless -> Wireless Advanced**. Установите в поле **RTS Threshold** значение 1, т.е. механизм RTS/CTS будет включаться для передачи любых фреймов длиной более 1 байта.
2. Нажмите на кнопку **Save**, чтобы сохранить настройки.
3. Перейдите в пункт меню **System tools -> Reboot** и нажмите на кнопку **Reboot**. Начнется перезагрузка точки доступа, чтобы применить все сделанные настройки.
4. Проведите измерение пропускной способности сети.
5. Сравните результаты, полученные в данном эксперименте и полученные в п.2.2.
6. Отключите на точке доступа режим RTS/CTS. Для этого пе-

перейдите в пункт меню **Wireless -> Wireless Advanced**. Установите в поле **RTS Threshold** значение 2346.

7. Включите на точке доступа режим фрагментации. Для этого перейдите в пункт меню **Wireless -> Wireless Advanced**. Установите в поле.

Fragmentation Threshold значение 256, т.е. механизм фрагментации будет включаться для передачи любых фреймов длиной более 256 байт. Причем каждый превышающий пороговое значение фрейм будет разделен на фрагменты по 256 байт.

8. Нажмите на кнопку **Save**, чтобы сохранить настройки.

9. Перейдите в пункт меню **System tools -> Reboot** и нажмите на кнопку **Reboot**. Начнется перезагрузка точки доступа, чтобы применить все сделанные настройки.

10. Проведите измерение пропускной способности сети.

11. Сравните результаты, полученные в данном эксперименте и полученные в п.2.2.

3.5 Оценка влияния соканальных сетей Wi-Fi на пропускную способность сети

Пропускная способность беспроводной сети также зависит от наличия соседних сетей, работающих на одном частотном канале.

1. Настройте точки доступа в соответствии с параметрами, приведенными в табл. 2.3

2. Проведите измерение пропускной способности сетей в подгруппах 1 и 2, а также 3 и 4. Важно, чтобы передача файлов в подгруппах 1 и 2, а также 3 и 4 велась одновременно.

3. Сравните результаты, полученные в данном эксперименте и полученные в п.2.2.

Таблица 3 – Параметры точки доступа

Параметр настройки	Задание для подгруппы		
	1	2	3
Режим работы	Access Point		
SSID	group1	group2	group3
Канал	2	2	2
IP-адрес AP	192.168.1.10	192.168.1.20	192.168.1.30

IP-адреса SS	192.168.1.11	192.168.1.21	192.168.1.31
	192.168.1.12	192.168.1.22	192.168.1.32
Маска подсети	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0

3.6 Оценка влияния числа станций на пропускную способность сети

Благодаря использованию механизма CSMA/CA пропускная способность сети равномерно распределяется между всеми абонентскими станциями.

1. Подключите абонентские станции подгруппы 1 и 3 к точке доступа подгруппы 2. Таким образом, к точке доступа подгруппы 2 будут подключены 6 абонентских станций.

2. На каждой из абонентских станций нажмите на комбинацию клавиш CTRL+SHIFT+ESC, перейдите во вкладку Сеть.

3. Начните передачу большого файла (рекомендуемый объем ~200 Мбайт) с абонентской станции 192.168.1.11 на 192.168.1.12.

4. Параллельно начните передачу большого файла (рекомендуемый объем ~200 Мбайт) с абонентской станции 192.168.1.11 на 192.168.1.21.

5. Параллельно начните передачу большого файла (рекомендуемый объем ~200 Мбайт) с абонентской станции 192.168.1.22 на 192.168.1.31.

6. Наблюдайте скорость приема/передачи информации на каждой станции.

Содержание отчета

Отчет к лабораторной работе должен содержать следующие элементы и удовлетворять следующим требованиям:

1. Схема типичной сети Wi-Fi с топологией BSS.
2. Выводы и обоснования полученных результатов по пунктам 2.2, 2.3, 2.4, 2.5. В выводах и обоснованиях основной акцент необходимо сделать на причинах, получения именно такого результата.
3. В отчете о выполнении работы все итерации выполнения задания должны быть подкреплены достаточным количеством скриншотов и фотографий (для заданий с реальным оборудованием).

Контрольные вопросы и задания

1. Какие топологии функционирования сети Wi-Fi существуют?
2. В каком частотном диапазоне функционируют сети Wi-Fi?
3. На сколько каналов делится частотный диапазон сетей Wi-Fi в России?
4. Кем и как осуществляется выбор канала работы сети Wi-Fi в каждой конкретной сети?
5. Что такое «беспроводная точка доступа»? В каких сетевых устройствах она реализована?
6. Какое отличие между стандартом IEEE 802.11a и стандартом IEEE 802.11b?
7. Каково значение максимальной скорости в стандарте IEEE 802.11b?
8. Какие методы многостанционного доступа используются в сети Wi-Fi?
9. В каком частотном диапазоне функционируют сети wireless LAN?

Перечень необходимого материально-технического оборудования

Выполнение лабораторной работы предполагается в учебной лаборатории сетевых технологий кафедры космического приборостроения и систем связи. Учебная лаборатория должна быть оснащена:

- учебной мебелью (столы и стулья для обучающихся, в количестве не меньше списочного состава студентов, стол и стул для преподавателя);
- доской;
- учебными компьютерами (в количестве не менее 1 устройство на 2 студентов), с установленными операционной системой Windows и программным продуктом LibreOffice (для составления отчета о выполнении работы);
- беспроводной маршрутизатор TP-Link TLWR841ND – 2 шт, с патч-кордом в комплекте;
- учебный компьютер с беспроводной сетевой картой – 4 шт.

Приложение А

Характеристики оборудования

В качестве точки доступа в этой и последующих лабораторных работах используем беспроводной маршрутизатор TP-Link TL-WR841ND, а в качестве абонентских станций – ПК с установленными беспроводными сетевыми платами TP-Link TL-WN951N. Характеристики указанного оборудования представлены в приведенных ниже таблицах.

Таблица А.1 – Технические характеристики беспроводного адаптера TP-Link TL-WN951N

Поддерживаемые стандарты	IEEE 802.11n IEEE 802.11g IEEE 802.11b
Мощность (EIRP)	<20 дБм
Антенны	3 всенаправленных антенны по 2 дБи
Рабочие температуры	0° - 40° C
Диапазон частот	2,4000 ГГц – 2,4835 ГГц
Скорости передачи данных	IEEE 802.11n – до 300 Мбит/с IEEE 802.11g – до 54 Мбит/с IEEE 802.11b – до 11 Мбит/с
Чувствительность приемника	270 Мбит/с: -68 дБм @10% PER 130 Мбит/с: -68 дБм @10% PER 108 Мбит/с: -68 дБм @10% PER 54 Мбит/с: -68 дБм @10% PER 11 Мбит/с: -85 дБм @8% PER 6 Мбит/с: -88 дБм @10% PER 1 Мбит/с: -90 дБм @8% PER
Вид модуляции	DBPSK, DQPSK, CCK, OFDM, 16-QAM, 64-QAM

Таблица А.2 – Технические характеристики беспроводного маршрутизатора TP-Link TL-WR841ND

Поддерживаемые стандарты	IEEE 802.11n IEEE 802.11g IEEE 802.11b IEEE 802.3
Мощность (EIRP)	<20 дБм
Рабочие температуры	0° C - 40° C
Диапазон частот	2,4000 ГГц – 2,4835 ГГц
Скорости передачи данных по радиоканалу	IEEE 802.11n – до 300 Мбит/с IEEE 802.11g – до 54 Мбит/с IEEE 802.11b – до 11 Мбит/с
Чувствительность приемника	270 Мбит/с: -68 дБм при 10% PER

	130 Мбит/с: -68 дБм при 10% PER 108 Мбит/с: -68 дБм при 10% PER 54 Мбит/с: -68 дБм при 10% PER 11 Мбит/с: -85 дБм при 8% PER 6 Мбит/с: -88 дБм при 10% PER 1 Мбит/с: -90 дБм при 8% PER
Антенны	2 всенаправленных антенны по 5 дБи

Приложение Б

Описание настроек радиointерфейса беспроводного маршрутизатора TP-Link TL-WR841ND

Беспроводной маршрутизатор TP-Link TL-WR841ND включает в себя точку доступа Wi-Fi. Настройка точки доступа производится через web-интерфейс. Ниже описаны основные настройки и элементы управления беспроводной частью маршрутизатора. Остальные настройки не рассматриваются, т.к. не входят в область данного лабораторного практикума. Для получения более подробных сведений по настройке маршрутизатора можно обратиться к руководству пользователя на устройство.

Главное окно web-интерфейса настройки маршрутизатора (рисунок Б.1) содержит несколько областей: главное меню (слева), основное окно (в центре) и помощь (справа).

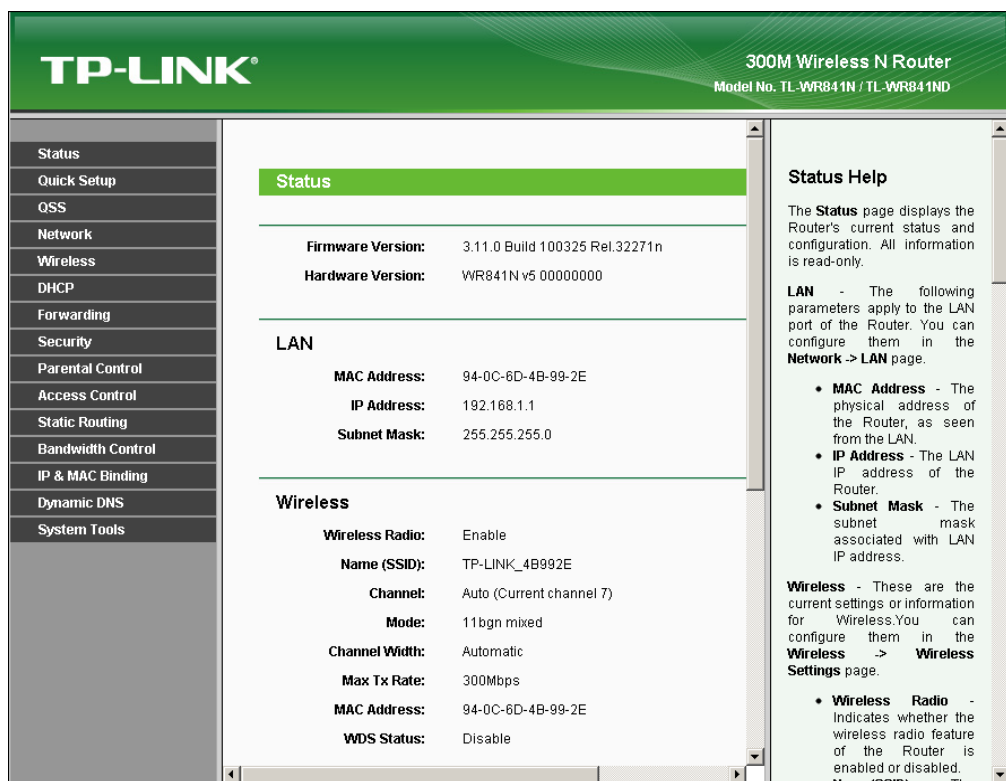


Рисунок Б.1 – Главное окно настройки маршрутизатора

Настройки точки доступа Wi-Fi расположены в меню **Wireless**. После выбора этого пункта меню открывается окно с базовыми настройками беспроводного интерфейса маршрутизатора (рисунок Б.2).

Wireless Settings

SSID:

Region:

Warning: Ensure you select a correct country to conform local law. Incorrect settings may cause interference.

Channel:

Mode:

Channel Width:

Max Tx Rate:

☒ Enable Wireless Router Radio

☒ Enable SSID Broadcast

☒ Enable WDS

SSID(to be bridged):

BSSID(to be bridged): Example:00-1D-0F-11-22-33

Key type:

WEP Index:

Auth type:

Password:

Рисунок Б.2 – Базовые настройки беспроводного интерфейса маршрутизатора

В данном окне можно указать следующие параметры настройки:

1. **SSID** (*идентификатор зоны обслуживания*). Точка доступа передает данный идентификатор в кадрах маяка, который принимают все пользовательские станции в зоне обслуживания. По SSID абонентские станции могут выбрать сеть, к которой они хотят подключиться. Именно этот идентификатор высвечивается в окне поиска доступных точек доступа при настройке абонентских станций. Другими словами, он представляет собой «название» зоны обслуживания сети Wi-Fi.

2. **Region** (*регион*). В разных странах существуют ограничения по числу разрешенных радиоканалов и уровню излучаемой мощности устройств Wi-Fi. В данном поле можно выбрать страну, где

сейчас работает точка доступа. При этом число разрешенных каналов и максимальный уровень мощности будут выставлены на устройстве автоматически.

3. **Channel** (*канал*). В данном поле задается номер канала, на который настроена точка доступа. В России пользователь может выбрать один из 13 стандартных каналов, указанных в спецификациях IEEE 802.11.

Канал может быть задан автоматически. При этом точка доступа просканирует диапазон на наличие других устройств Wi-Fi, работающих рядом. Для этого следует выбрать в поле режим **Auto** (*автоматическая установка канала*).

При выборе канала вручную необходимо учитывать другие точки доступа, которые работают поблизости. Для того чтобы посмотреть, какие точки доступа включены рядом, можно использовать ПО CommView for Wi-Fi или другие программные продукты (например NetStumbler или InSSIDer). При этом следует избегать установленного по умолчанию канала 6, так как именно на этом канале наиболее вероятна работа других точек доступа.

1. **Mode** (*режим работы физического уровня*). Точка доступа позволяет работать в рамках одного определенного физического уровня или их комбинации:

- a. **11b only** – только в режиме IEEE 802.11b
- b. **11g only** – только в режиме IEEE 802.11g
- c. **11n only** – только в режиме IEEE 802.11n
- d. **11bg mixed** – в режимах IEEE 802.11b и 802.11g
- e. **11bgn mixed** – в режимах IEEE 802.11b, 802.11g и IEEE 802.11n

2. **Channel Width** (*ширина радиоканала*). В поле может быть задана определенная ширина радиоканала 20 или 40 МГц, а также автоматический выбор ширины канала (*Automatic*).

3. **Max Tx Rate** (*максимальная скорость передачи на физическом уровне*). Пользователь может выбрать одну из перечисленных скоростей передачи. Следует обратить внимание, что скорость выбирается на физическом уровне. Т.е. эта скорость определяет вид множественного доступа, модуляции и кодирования, а значит и помехоустойчивость.

4. **Enable Wireless Router Radio** (*включить беспроводной интерфейс*). Включает или отключает беспроводной интерфейс маршрутизатора.

5. **Enable SSID Broadcast** (*включить широковещание SSID*). Включает или отключает передачу SSID в широковещательном режиме в кадрах маяка.

6. **Enable WDS** (*включить режим WDS*). Включает или отключает режим WDS (режим распределенной беспроводной системы – один из способов организации сети с топологией ESS). При включении данной опции в окне появляется еще несколько настроек, описанных ниже.

7. **SSID (to be bridged)** (SSID другой точки доступа в ESS-сети). Здесь указывают SSID другой точки доступа, с которой производится соединение по топологии ESS.

8. **BSSID (to be bridged)** (MAC-адрес другой точки доступа в ESS-сети).

При наличии шифрования в радиоканале между точками доступа необходимо настроить его параметры:

9. **Key type** (*тип ключа*). Можно выбрать, с помощью какого алгоритма будет производиться шифрование: WEP или WPA.

10. **WEP Index** (*индекс ключа WEP*). Задает, какой номер ключа WEP используется для шифрования.

11. **Auth type** (*тип аутентификации*). Задает тип аутентификации при использовании шифрования WEP: открытая или с совместно используемыми ключами.

12. **Password** (*пароль*). В данное поле вводится ключ WEP или пароль WPA.

Для настройки шифрования и аутентификации необходимо перейти в пункт меню **Wireless -> Wireless Security**.

Wireless Security

☒ **Disable Security**

☐ **WEP**

Type:

WEP Key Format:

Key Selected	WEP Key	Key Type
Key 1: ☐		Disabled
Key 2: ☐		Disabled
Key 3: ☐		Disabled
Key 4: ☐		Disabled

☐ **WPA/WPA2**

Version:

Encryption:

Radius Server IP:

Radius Port: (1-65535, 0 stands for default port 1812)

Radius Password:

Group Key Update Period: (in second, minimum is 30, 0 means no update)

☐ **WPA-PSK/WPA2-PSK**

Version:

Encryption:

PSK Password:

(You can enter ASCII characters between 8 and 63 or Hexadecimal characters between 8 and 64.)

Group Key Update Period: (in second, minimum is 30, 0 means no update)

Рисунок Б.3 – Окно настроек шифрования и аутентификации

В данном окне можно указать следующие параметры настройки:

1. **Disable Security** (*отключить функции защиты*). Выбор данной опции позволяет отключить шифрование и аутентификацию в радиоканале.

2. **WEP** (*настройка защиты по технологии WEP*). Выбор данной опции позволяет включить механизм защиты WEP и настроить его параметры:

а. **Type** (*тип аутентификации*). Можно выбрать один из методов: **Open System** – *открытая*, **Shared Key** – *с помощью совместно используемых ключей*.

б. **WEP Key Format** (*формат ключа шифрования*). Можно выбрать, в каком формате будет введен ключ: **Hexadecimal** (*шестнадцатеричный формат*) или **ASCII** (*формат ASCII*).

с. **Key Selected** (*выбранные ключи*). В данной области можно

указать сам ключ и его длину в поле **Key Type** (64, 128 или 152 бит). Всего может быть задано до 4 различных ключей в полях **Key 1** – **Key 4**. При этом одновременно использоваться может только один ключ.

3. **WPA/WPA2** (настройка защиты по технологии WPA/WPA2). Выбор данной опции позволяет включить механизм защиты WPA и настроить его параметры:

a. **Version** (версия протокола WPA). Можно выбрать либо WPA, либо WPA2.

b. **Encryption** (шифрование). Можно выбрать либо TKIP, либо AES.

c. **Radius Server IP** (IP-адрес сервера RADIUS).

d. **Radius Server Port** (порт сервера RADIUS).

e. **Radius Password** (пароль для сервера RADIUS).

f. **Group Key Update Period** (период обновления группового ключа).

4. **WPA-PSK/WPA2-PSK** (настройка защиты по технологии WPA-PSK/WPA2-PSK). Выбор данной опции позволяет включить механизм защиты WPA и настроить его параметры:

a. **Version** (версия протокола WPA). Можно выбрать либо WPA-PSK, либо WPA2-PSK.

b. **Encryption** (шифрование). Можно выбрать либо TKIP, либо AES.

c. **PSK Password** (пароль).

d. **Group Key Update Period** (период обновления группового ключа).

Важным дополнительным средством обеспечения безопасности в беспроводной сети является фильтрация по MAC-адресам. Для настройки фильтрации перейдите в меню **Wireless -> Wireless MAC Filtering** (рисунок Б.4).

Wireless MAC Filtering

Wireless MAC Filtering: **Disabled**

Filtering Rules

☒ **Allow** the stations not specified by any enabled entries in the list to access.

☐ **Deny** the stations not specified by any enabled entries in the list to access.

ID	MAC Address	Status	Description	Modify
1	66-44-77-88-98-52	Enabled	TP-LINK_Wireless	Modify Delete
2	00-00-00-00-00-11	Enabled	TP-LINK_903J	Modify Delete

Рисунок Б.4 – Настройка фильтрации по MAC-адресам

Для включения фильтрации по MAC-адресам необходимо нажать на кнопку **Enable** в поле **Wireless MAC Filtering**.

Фильтр может работать в двух режимах: разрешение подключения перечисленных станций к точке доступа (**Allow**) или запрещение подключения перечисленных станций (**Deny**).

Для того чтобы добавить определенный MAC-адрес в список, необходимо нажать на кнопку **Add New...** При этом на экране появится окно (рисунок Б.5), в котором необходимо ввести MAC-адрес станции (в поле **MAC Address**), комментарий к записи (в поле **Description**) и состояние записи (в поле **Status**).

Add or Modify Wireless MAC Address Filtering entry

MAC Address:

Description:

Status:

Рисунок Б.5 – Добавление фильтра по MAC-адресу

Для настройки дополнительных параметров беспровод-

водного интерфейса перейдите в меню **Wireless -> Wireless Advanced** (рисунок Б.6).

Рисунок Б.6 – Настройка дополнительных параметров радиоинтерфейса

В данном окне можно указать следующие параметры настройки:

1. **Transmit Power** (*мощность излучения*). – используют для установки одной из возможных мощностей излучения. В данной точке доступа предусмотрено три градации мощности излучения: высокий, средний и низкий.

2. **Beacon Interval** (*маячковый интервал*) – номинальный период¹ следования кадров маяка в мс. Рекомендованное значение для этого параметра составляет 100 мс.

3. **RTS Threshold** (*длина пакета, при которой происходит активация механизма RTS/CTS*). Устанавливает минимальное значение длины кадра в байтах, для передачи которого будет использован механизм RTS/CTS.

4. **Fragmentation Threshold** (*длина фрагмента*) – значение длины пакета в байтах, при превышении которой данный пакет будет фрагментирован. По умолчанию эта длина составляет 2346 байт.

¹ На практике период следования кадров маяка может оказаться непостоянным. Передача кадра маяка может быть задержана, если в отведенный для этого момент среда занята передачей другого кадра. В таком случае кадр маяка будет передан по окончании передачи другого кадра.

5. DTIM Interval (*интервал Delivery Traffic Indication Message*) – установка счетчика окон для прослушивания широко-вещательных и групповых сообщений в маячковых интервалах. По умолчанию для данного счетчика устанавливается значение, равное 1.

6. Enable WMM (*включить поддержку QoS*). Позволяет включить или отключить поддержку спецификации IEEE 802.11e, вводящей приоритеты обслуживания станций и различные типы трафика для обеспечения QoS. Данный режим необходимо использовать при передаче мультимедиа трафика.

7. Enable Short GI (*использовать короткий защитный интервал OFDM-символов*). Позволяет включить или отключить использование короткого защитного интервала OFDM-символов. При включении данной опции маршрутизатор будет использовать короткие защитные интервалы 400 нс вместо стандартных 800 нс. При этом повысится скорость передачи на физическом уровне, но упадет помехоустойчивость системы.

8. Enable AP Isolation (*включить изоляцию точки доступа*). Позволяет включить или отключить дополнительную функцию защиты абонентских станций. При включении данной функции абонентские станции, подключенные к одной точке доступа, не смогут получать доступ друг к другу. Этот режим может использоваться при развертывании сети в общественных местах.

Для просмотра статистики по использованию точки доступа необходимо перейти в пункт меню **Wireless -> Wireless Statistics** (рисунок Б.7).

Wireless Statistics				
Current Connected Wireless Stations numbers:			2	Refresh
ID	MAC Address	Current Status	Received Packets	Sent Packets
1	94-0C-6D-B0-A0-F0	STA-ASSOC	193	31
2	34-02-6D-B2-31-30	WPA	194	29
Previous		Next		

Рисунок Б.7 – Статистика использования точки доступа

Приложение В

Описание настройки абонентских станций TP-Link TL-WN951N

Настройку станций пользователя осуществляют средствами ОС Windows 7. Для настройки необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на значке беспроводного соединения рядом с часами Windows. При этом на экране появится окно со списком беспроводных сетей, работающих рядом с данной абонентской станцией (рисунок В.1).

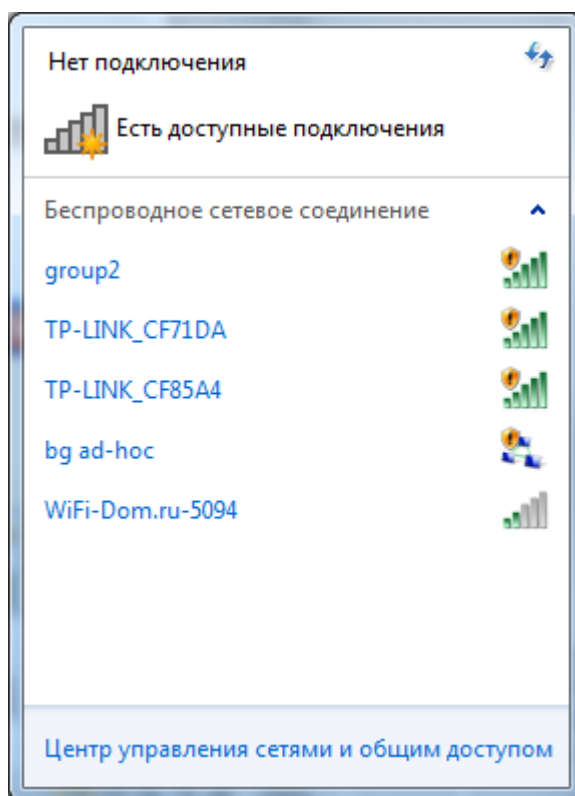


Рисунок В.1 – Окно обзора беспроводных сетей

Для настройки беспроводного соединения необходимо нажать на ссылку **Центр управления сетями и общим доступом**. На экране появится окно настройки сетей и подключений. Для добавления нового беспроводного подключения требуется перейти по ссылке **Настройка нового подключения или сети** и выбрать пункт **Подключение к беспроводной сети вручную** (рисунок В.2).

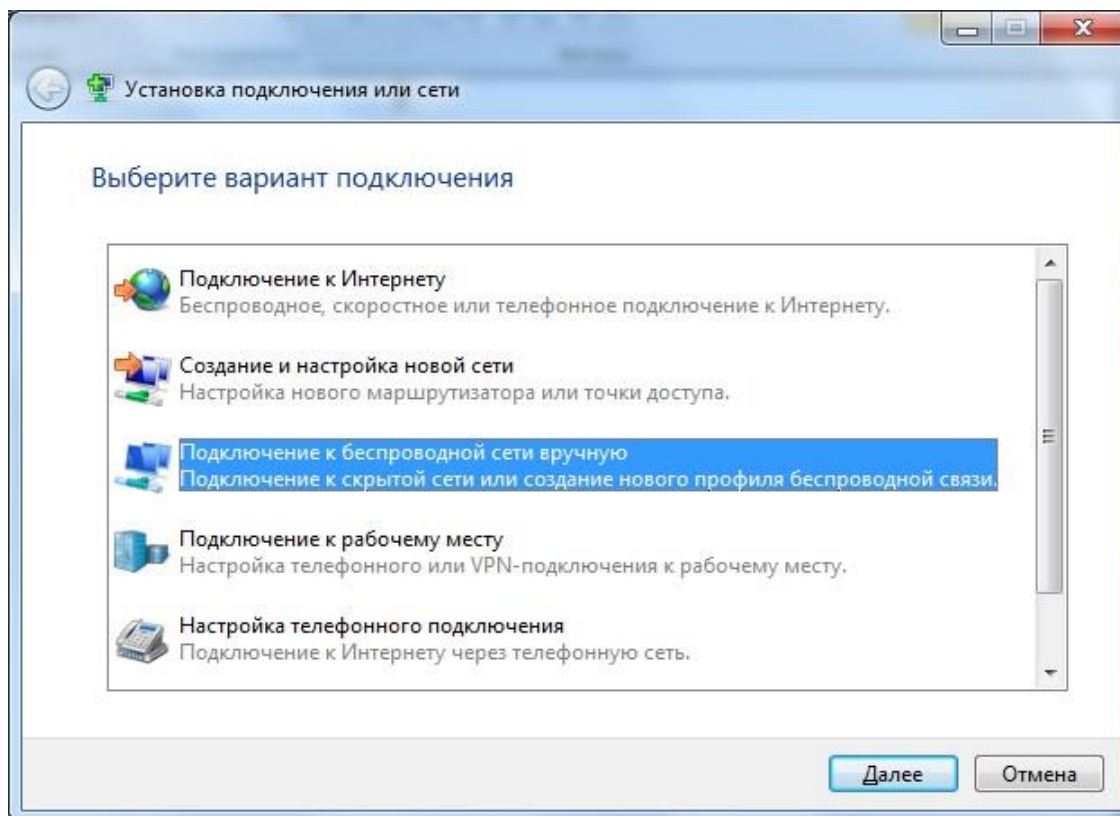


Рисунок В.2 – Окно создания подключения или сети

В открывшемся окне можно указать следующие параметры соединения (рисунок В.3):

1. **Имя сети (SSID).** Имя беспроводной сети, к которой будет производиться подключение. При работе в сети BSS имя должно совпадать с именем, заданным на точке доступа. При организации сети Ad-hoc (см. работу **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) имя должно быть одинаковым для всех абонентских станций, объединяемых в сеть.

2. **Тип безопасности.** При выборе режима шифрования WEP или WPA-PSK необходимо ввести ключ сети.

3. **Тип шифрования.**

4. **Запускать это подключение автоматически** – настройка позволяет автоматически подключаться к беспроводной сети, при обнаружении ее в радиусе работы адаптера ПК.

5. **Подключаться, даже если сеть не производит широко-вещательную передачу.**

После заполнения настроек, требуется нажать кнопку **Далее**. Управление созданными сетями осуществляется в разделе **Панель управления\Сеть и Интернет\Управление беспроводными сетями**.

Для создания одноранговой сети типа ad-hoc при создании нового подключения требуется выбрать раздел **Настройка беспроводной сети компьютер-компьютер**.

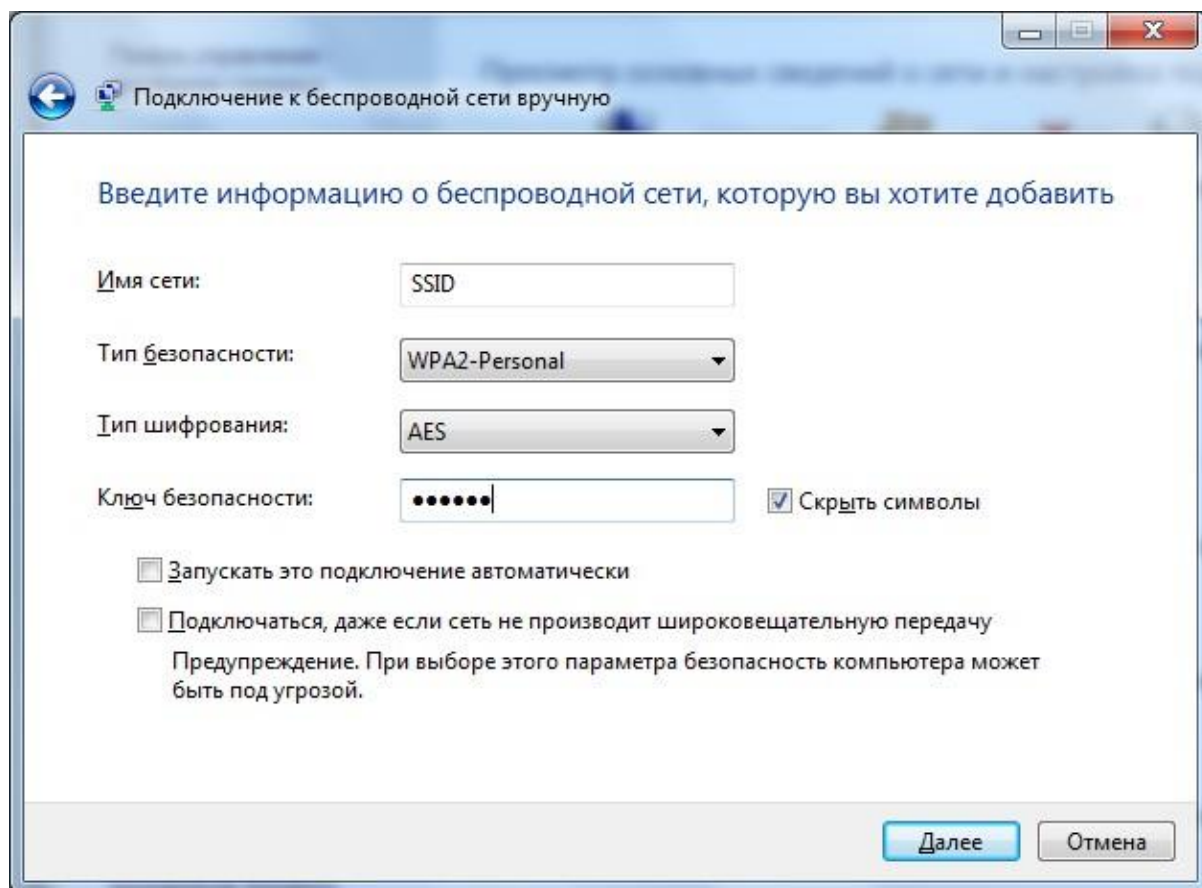


Рисунок В.3 – Создание профиля беспроводной сети

– Узнайте у вашего преподавателя, не установлена ли уже база данных.

– Если база данных еще не установлена, откройте книгу с упражнениями на последней странице и достаньте компакт-диск из кармашка, приклеенного к обложке.

– Вставьте компакт-диск в CD-ROM-дисковод.

– Запустите *Проводник (Windows Explorer)* из меню *Пуск (Start)*.

Перед запуском программы установки вы измените некоторые установки Проводника (*Windows Explorer*).

– В меню *Инструменты (Tools)* выберите *Опции папки (Folder Options)*.

– Щелкните на закладке *Вид (View)*.

– Убедитесь, что в разделе *Дополнительные параметры (Advanced settings)* отключена опция "Скрыть расширения для извест-

ных типов файлов"

- Нажмите *OK*

Теперь вы запустите программу установки на CD-ROM, чтобы установить учебную базу данных.

- Перейдите в Проводнике к диску с CD-ROM и щелкните на нём.

В списке содержания CD-ROM-диска дважды щелкните на файле (*Setup.exe*).

- Щелкните *Next (Далее)* на приветственной панели *Welcome*.
- Узнайте у вашего преподавателя название директории, куда должна быть установлена база данных.

Если директория называется C:\Student:

- Щелкните *Typical (Типичная)*
- Щелкните *Далее (Next)*
- Щелкните *Готово (Finish)*

Если название директории отличается от C:\Student:

- Щелкните *Custom (Пользовательская)*.
- Щелкните *Browse (Обзор)*.
- Введите путь доступа к директории назначения
- Щелкните *OK*

Теперь вы готовы установить базу данных для работы в классе.

- Щелкните *Далее (Next)*
- Щелкните *Готово (Finish)*

Учебная база данных установлена в нужном месте на диске. С этого момента папка, указанная при инсталляции, будет вашей *рабочей* папкой.

Для запуска локальной версии ArcGIS на компьютере необходимо её активировать.

- Убедитесь, что к компьютеру подключен Flash-накопитель с ключом для программы

- Перейдите по адресу *Пуск -> LicenceManager Tools* и поставьте переключатель в положение *Configuration using Services*

- Откройте закладку *Start/Stop/Reread* и нажмите кнопку *StartServer*.

Библиографический список

1. Защита информации в системах беспроводной передачи : лабораторный практикум / Р. А. Филиппов, А. П. Горлов, Л. Б. Филиппова [и др.]. – Москва : Директ-Медиа, 2020. – 70 с.
2. Князев, А. А. Особенности работы сетевых устройств беспроводного доступа стандарта IEEE 802.11ах в условиях сложной электромагнитной обстановки / А. А. Князев, А. А. Чуев, А. Н. Кондратьев // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 13-17.
3. Заргарян, Ю. А. Современные технологии беспроводных сетей / Ю. А. Заргарян, Е. В. Заргарян. – Ростов-на-Дону : Директ-Сайнс, 2023. – 135 с.
4. Дибров, М. В. Сети и телекоммуникации. Маршрутизация в IP-сетях : Учебник и практикум / М. В. Дибров. – 2-е изд., пер. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 423 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра информационной безопасности

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 20 » 03



**КОНФИГУРИРОВАНИЕ И НАСТРОЙКА БЕСПРОВОДНОЙ
СЕТИ С ТОПОЛОГИЕЙ ESS**

Методические указания по выполнению лабораторной работы

Курск 2026

УДК 004.7

Составитель: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина

Рецензент

Доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры информационной безопасности
А. А. Гуламов

Конфигурирование и настройка беспроводной сети с топологией ESS: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина. – Курск, 2026. – 23 с.

В методических указаниях приведен теоретический материал о принципах построения распределенных беспроводных локальных сетей Wi-Fi с топологией ESS (Extended Service Set), а также описание взаимодействия точек доступа через распределительную систему (Distribution System) на базе технологии Ethernet.

Полученные знания в результате выполнения лабораторной работы дадут возможность сформировать компетенции исследования влияния частотного планирования и взаимных помех от соканальных точек доступа на пропускную способность и производительность распределенных беспроводных сетей связи.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и специальности 10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем. Представляют интерес для студентов и аспирантов всех направлений подготовки и специальностей технического и экономического направлений.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 20.03.26. Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 1,33. Уч.-изд. л. 1,21. Тираж 100 экз. Заказ 84 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель лабораторной работы

Получение практических навыков создания сетей Wi-Fi с топологией ESS, а также исследование влияния различных факторов на пропускную способность беспроводной локальной сети.

2 Краткие теоретические сведения

Топология *Extended Service Set – (ESS)* беспроводной локальной сети является более сложным методом построения распределенных сетей Wi-Fi. Данная топология позволяет создавать беспроводные сети, состоящие из нескольких точек доступа. При этом станции, подключенные к одной из точек, могут общаться со станциями, подключенными к другим точкам.

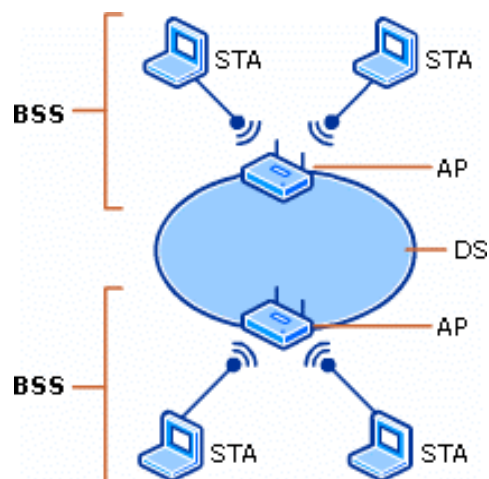


Рисунок 1 – Топология ESS

Точки доступа объединяются между собой с помощью распределительной системы (Distribution System – DS). В спецификациях стандарта IEEE 802.11 не оговаривается какой должна быть распределительная система. На практике чаще всего она создается с помощью проводной технологии Ethernet.

3 Задание на лабораторную работу

1. Изучить методические указания к лабораторной работе.
Пользуясь описанием настройки точки доступа и станций пользователя (Приложения Б, В):
2. Развернуть сеть Wi-Fi с топологией ESS с заданными пре-

подавателем характеристиками. Убедиться в том, что станции подключенные к одной точке доступа, могут передавать информацию на станции, подключенные к другим точкам доступа.

3. Измерить пропускную способность сети ESS.

4. Изучить влияние точек доступа, работающих на одном канале, на пропускную способность сети ESS.

5. Оформить отчет по лабораторной работе и подготовиться к его защите. Для подготовки рекомендуется ответить на контрольные вопросы.

Порядок проведения эксперимента

Внимание! Перед выполнением лабораторной работы рекомендуется приостановить работу антивируса Kaspersky. Для этого достаточно выбрать значок антивируса на панели задач, нажать правой кнопкой мыши и выбрать пункт **Приостановка защиты и контроля**.

3.1 Развертывание сети ESS

1. Настроить точки доступа и абонентские станции в соответствии с заданием.

1.1 Подключение к точке доступа

Для настройки точки доступа можно использовать специальное программное обеспечение, поставляемое на диске, который прилагается к точке доступа при ее покупке. Однако для удобства пользователей точка доступа может быть сконфигурирована с помощью программы Internet Explorer (или любого другого интернет-браузера). Во втором случае возможна и удаленная настройка точки доступа.

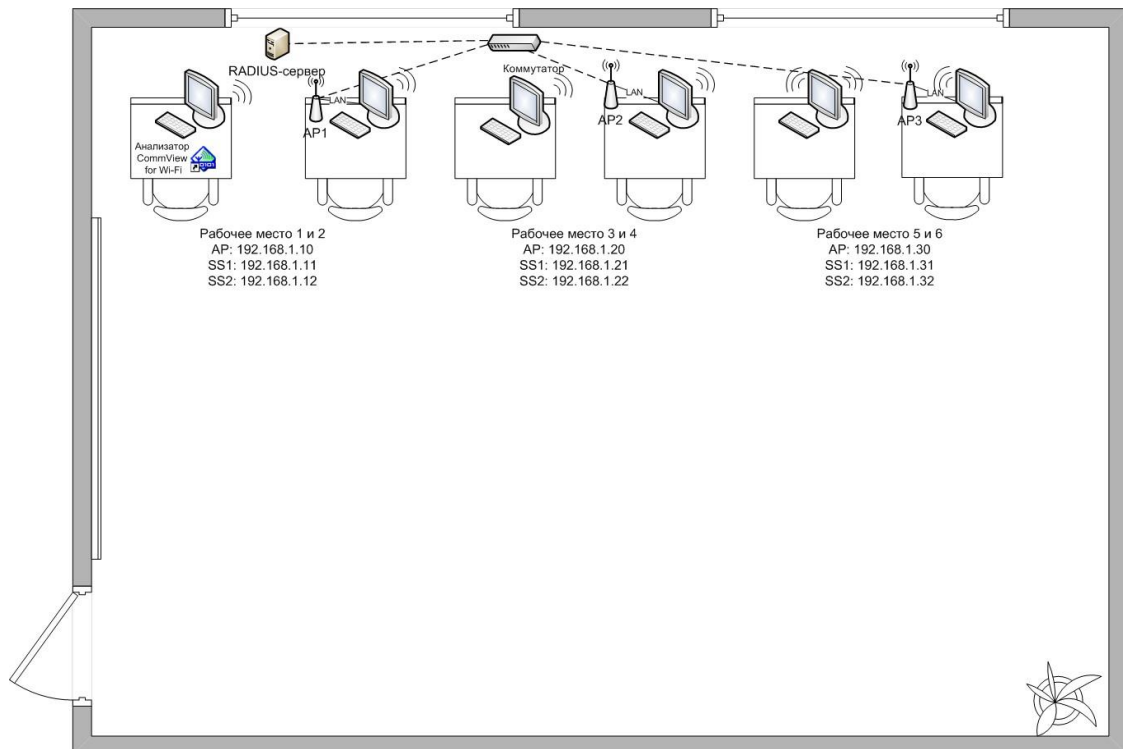


Рисунок 2 – Схема лабораторного помещения

а) Задайте на проводном сетевом интерфейсе ПК, с которого осуществляется настройка точки доступа, следующие IP-адреса и маски подсетей:

Таблица 1 – IP-адреса и маски подсетей

Параметр настройки	Задание для подгруппы		
	1	2	3
IP-адрес ПК	192.168.0.19	192.168.0.29	192.168.0.39
Маска подсети	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0

б) Подключите точку доступа к порту Ethernet ПК с помощью кабеля. в) Запустите программу MS Internet Explorer (или любой другой

браузер) и введите в поле адреса следующий IP-адрес: **http://192.168.0.1**. г) Введите имя пользователя **admin**, пароль **admin**.

д) Пользуясь приложением к данной работе и открытым в окне браузера интерфейсом настройки точки доступа, ознакомьтесь с основными элементами управления и группами настроек.

1.2 Приступить к настройке абонентских станций.

Каждая подгруппа настраивает сеть со следующими парамет-

рами (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры сети

Параметр настройки	Задание для подгруппы		
	1	2	3
Режим работы	Access Point		
SSID	group1	group2	group3
Канал	2	4	8
IP-адрес AP	192.168.1.10	192.168.1.20	192.168.1.30
IP-адреса SS	192.168.1.11 192.168.1.12	192.168.1.21 192.168.1.22	192.168.1.31 192.168.1.32
IP-адрес ПК	192.168.1.19	192.168.1.29	192.168.1.39
Маска подсети	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0

а) Подключитесь к точке доступа через web-интерфейс (см. п. Подключение к точке доступа).

б) Перейдите в пункт меню **Wireless -> Wireless Settings**.

в) В поле **SSID** введите идентификатор зоны обслуживания в соответствии с заданием для вашей подгруппы (таблица 2).

г) В поле **Region** из выпадающего списка выберите **Russia**.

д) В поле **Channel** из выпадающего списка выберите номер канала в соответствии с заданием для вашей подгруппы (таблица 2).

е) Нажмите на кнопку **Save**, чтобы сохранить настройки. ж) Перейдите в пункт меню **Network -> LAN**.

и) В поле **IP Address** введите IP-адрес точки доступа в соответствии с заданием для вашей подгруппы (таблица 2).

к) В поле **Subnet Mask** введите маску подсети в соответствии с заданием для вашей подгруппы (таблица 2).

л) Нажмите на кнопку **Save**, чтобы сохранить настройки.

м) Перейдите в пункт меню **System tools -> Reboot** и нажмите на кнопку **Reboot**. Начнется перезагрузка точки доступа, чтобы применить все сделанные настройки.

н) Отключите точку доступа от ПК. Она должна работать автономно. о) Настройте IP-адреса и маски подсетей на абонентских станциях в соответствии с заданием для вашей подгруппы (таблица 2). Настройка должна производиться для беспроводного соединения.

п) Подключите абонентские станции к точке доступа SSID вашей подгруппы.

р) С помощью команды ping проверьте, что станции слышат друг друга. Для этого в командной строке Windows введите команды **ping 192.168.1.XXX -t**, где вместо **XXX** подставляйте значения адресов точки доступа и других абонентских станций.

1. Подключить все точки доступа к коммутатору Ethernet с помощью кабелей.

2. На одном из ПК, подключенном к точке доступа по беспроводному соединению, открыть браузер и подключиться к web-интерфейсу точки доступа.

3. Убедиться, что каждая точка доступа «слышит» все остальные точки доступа. Для этого перейдите в пункт меню **System Tools -> Diagnostic** и отправьте ping-запросы на все соседние точки доступа.

4. С каждой из абонентских станций с помощью команды ping проверить видимость всех сетевых устройств сети ESS (своей и других подгруппы).

3.2 Измерение пропускной способности сети

1. Начните передачу большого файла (рекомендуемый объем ~400 Мбайт) с абонентской станции 192.168.1.11 на станцию 192.168.1.21.

2. На каждой из станций нажмите на комбинацию клавиш **CTRL+SHIFT+ESC**, перейдите во вкладку **Сеть** и наблюдайте скорость приема/передачи информации.

3. Начните передачу большого файла (рекомендуемый объем ~200 Мбайт) с абонентской станции 192.168.1.32 на станцию 192.168.1.22.

4. Начните передачу большого файла (рекомендуемый объем ~200 Мбайт) с абонентской станции 192.168.1.12 на станцию 192.168.1.31.

5. Вычислите пропускную способность сети.

3.3 Изучение влияния точек доступа, работающих на одном канале, на пропускную способность сети

1. Настроить точки доступа и абонентские станции в соответствии с заданием лабораторной работы.

2. С каждой из абонентских станций с помощью команды ping

проверить видимость всех сетевых устройств сети ESS (своей и других подгруппы).

3. Повторить измерение пропускной способности сети по аналогии с п. 3.2.

4. Зафиксировать изменение скорости передачи информации между станциями, работающими на одном канале.

Содержание отчета

Отчет к лабораторной работе должен содержать следующие элементы и удовлетворять следующим требованиям:

1. Структурная схема исследуемой сети.
2. Графики изменения реальной скорости передачи от времени.
3. Выводы на основе графиков изменения реальной скорости передачи от времени.
4. В отчете о выполнении работы все итерации выполнения задания должны быть подкреплены достаточным количеством скриншотов и фотографий (для заданий с реальным оборудованием).

Контрольные вопросы и задания

1. Какие топологии функционирования сети Wi-Fi существуют?
2. В каком частотном диапазоне функционируют сети Wi-Fi?
3. На сколько каналов делится частотный диапазон сетей Wi-Fi в России?
4. Кем и как осуществляется выбор канала работы сети Wi-Fi в каждой конкретной сети?
5. В чем заключается механизм защиты WEP?
6. Точка доступа позволяет работать в рамках определенного физического уровня или их комбинации, какого?
7. В России пользователь может выбрать один из скольких стандартных каналов, указанных в спецификациях IEEE 802.11?

Перечень необходимого материально-технического оборудования

Выполнение лабораторной работы предполагается в учебной лаборатории сетевых технологий кафедры космического приборостроения и систем связи. Учебная лаборатория должна быть оснащена:

- учебной мебелью (столы и стулья для обучающихся, в количестве не меньше списочного состава студентов, стол и стул для преподавателя);
- доской;
- учебными компьютерами (в количестве не менее 1 устройство на 2 студентов), с установленными операционной система Windows и программным продуктом LibreOffice (для составления отчета о выполнении работы);
- беспроводной маршрутизатор TP-Link TLWR841ND – 2 шт, с патч-кордом в комплекте;
- учебный компьютер с беспроводной сетевой картой – 4 шт.

Приложение А

Характеристики оборудования

В качестве точки доступа в этой и последующих лабораторных работах используем беспроводной маршрутизатор TP-Link TL-WR841ND, а в качестве абонентских станций – ПК с установленными беспроводными сетевыми платами TP-Link TL-WN951N. Характеристики указанного оборудования представлены в приведенных ниже таблицах.

Таблица А.1 – Технические характеристики беспроводного адаптера TP-Link TL-WN951N

Поддерживаемые стандарты	IEEE 802.11n IEEE 802.11g IEEE 802.11b
Мощность (EIRP)	<20 дБм
Антенны	3 всенаправленных антенны по 2 дБи
Рабочие температуры	0° - 40° С
Диапазон частот	2,4000 ГГц – 2,4835 ГГц
Скорости передачи данных	IEEE 802.11n – до 300 Мбит/с IEEE 802.11g – до 54 Мбит/с IEEE 802.11b – до 11 Мбит/с
Чувствительность приемника	270 Мбит/с: -68 дБм @10% PER 130 Мбит/с: -68 дБм @10% PER 108 Мбит/с: -68 дБм @10% PER 54 Мбит/с: -68 дБм @10% PER 11 Мбит/с: -85 дБм @8% PER 6 Мбит/с: -88 дБм @10% PER 1 Мбит/с: -90 дБм @8% PER
Вид модуляции	DBPSK, DQPSK, CCK, OFDM, 16-QAM, 64- QAM

Таблица А.2 – Технические характеристики беспроводного маршрутизатора TP-Link TL-WR841ND

Поддерживаемые стандарты	IEEE 802.11n IEEE 802.11g IEEE 802.11b IEEE 802.3
Мощность (EIRP)	<20 дБм
Рабочие температуры	0° С - 40° С
Диапазон частот	2,4000 ГГц – 2,4835 ГГц
Скорости передачи данных по радиоканалу	IEEE 802.11n – до 300 Мбит/с IEEE 802.11g – до 54 Мбит/с IEEE 802.11b – до 11 Мбит/с
Чувствительность приемника	270 Мбит/с: -68 дБм при 10% PER 130 Мбит/с: -68 дБм при 10% PER

	108 Мбит/с: -68 дБм при 10% PER 54 Мбит/с: -68 дБм при 10% PER 11 Мбит/с: -85 дБм при 8% PER 6 Мбит/с: -88 дБм при 10% PER 1 Мбит/с: -90 дБм при 8% PER
Антенны	2 всенаправленных антенны по 5 дБи

Приложение Б

Описание настроек радиointерфейса беспроводного маршрутизатора TP-Link TL-WR841ND

Беспроводной маршрутизатор TP-Link TL-WR841ND включает в себя точку доступа Wi-Fi. Настройка точки доступа производится через web-интерфейс. Ниже описаны основные настройки и элементы управления беспроводной частью маршрутизатора. Остальные настройки не рассматриваются, т.к. не входят в область данного лабораторного практикума. Для получения более подробных сведений по настройке маршрутизатора можно обратиться к руководству пользователя на устройство.

Главное окно web-интерфейса настройки маршрутизатора (рисунок Б.1) содержит несколько областей: главное меню (слева), основное окно (в центре) и помощь (справа).

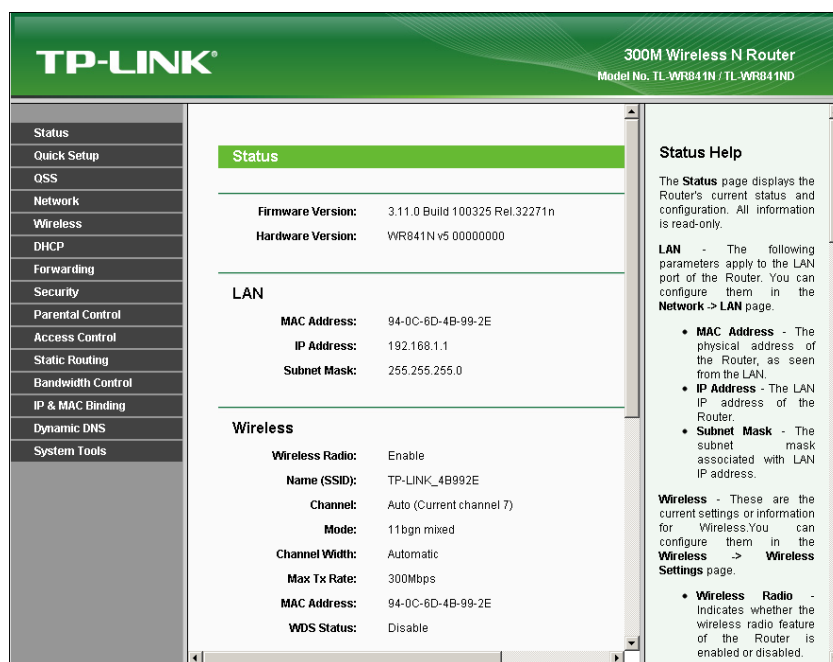


Рисунок Б.1 – Главное окно настройки маршрутизатора

Настройки точки доступа Wi-Fi расположены в меню Wireless. После выбора этого пункта меню открывается окно с базовыми настройками беспроводного интерфейса маршрутизатора (рисунок Б.2).

Рисунок Б.2 – Базовые настройки беспроводного интерфейса маршрутизатора

В данном окне можно указать следующие параметры настройки:

1. **SSID** (*идентификатор зоны обслуживания*). Точка доступа передает данный идентификатор в кадрах маяка, который принимают все пользовательские станции в зоне обслуживания. По SSID абонентские станции могут выбрать сеть, к которой они хотят подключиться. Именно этот идентификатор высвечивается в окне поиска доступных точек доступа при настройке абонентских станций. Другими словами, он представляет собой «название» зоны обслуживания сети Wi-Fi.

2. **Region** (*регион*). В разных странах существуют ограничения по числу разрешенных радиоканалов и уровню излучаемой мощности устройств Wi-Fi. В данном поле можно выбрать страну, где сейчас работает точка доступа. При этом число разрешенных каналов и максимальный уровень мощности будут выставлены на устройстве автоматически.

3. **Channel** (*канал*). В данном поле задается номер канала, на который настроена точка доступа. В России пользователь может выбрать один из 13 стандартных каналов, указанных в спецификациях IEEE 802.11.

Канал может быть задан автоматически. При этом точка до-

стуга просканирует диапазон на наличие других устройств Wi-Fi, работающих рядом. Для этого следует выбрать в поле режим **Auto** (*автоматическая установка канала*).

При выборе канала вручную необходимо учитывать другие точки доступа, которые работают поблизости. Для того чтобы посмотреть, какие точки доступа включены рядом, можно использовать ПО CommView for Wi-Fi или другие программные продукты (например NetStumbler или InSSIDer). При этом следует избегать установленного по умолчанию канала 6, так как именно на этом канале наиболее вероятна работа других точек доступа.

1. **Mode** (*режим работы физического уровня*). Точка доступа позволяет работать в рамках одного определенного физического уровня или их комбинации:

- a. **11b only** – только в режиме IEEE 802.11b
- b. **11g only** – только в режиме IEEE 802.11g
- c. **11n only** – только в режиме IEEE 802.11n
- d. **11bg mixed** – в режимах IEEE 802.11b и 802.11g
- e. **11bgn mixed** – в режимах IEEE 802.11b, 802.11g и IEEE 802.11n

2. **Channel Width** (*ширина радиоканала*). В поле может быть задана определенная ширина радиоканала 20 или 40 МГц, а также автоматический выбор ширины канала (*Automatic*).

3. **Max Tx Rate** (*максимальная скорость передачи на физическом уровне*). Пользователь может выбрать одну из перечисленных скоростей передачи. Следует обратить внимание, что скорость выбирается на физическом уровне. Т.е. эта скорость определяет вид множественного доступа, модуляции и кодирования, а значит и помехоустойчивость.

4. **Enable Wireless Router Radio** (*включить беспроводной интерфейс*). Включает или отключает беспроводной интерфейс маршрутизатора.

5. **Enable SSID Broadcast** (*включить широковещание SSID*). Включает или отключает передачу SSID в широковещательном режиме в кадрах маяка.

6. **Enable WDS** (*включить режим WDS*). Включает или отключает режим WDS (режим распределенной беспроводной системы – один из способов организации сети с топологией ESS). При включении данной опции в окне появляется еще несколько настроек, описанных ниже.

7. **SSID (to be bridged)** (SSID другой точки доступа в ESS-сети). Здесь указывают SSID другой точки доступа, с которой производится соединение по топологии ESS.

8. **BSSID (to be bridged)** (MAC-адрес другой точки доступа в ESS-сети).

При наличии шифрования в радиоканале между точками доступа необходимо настроить его параметры:

9. **Key type** (*тип ключа*). Можно выбрать, с помощью какого алгоритма будет производиться шифрование: WEP или WPA.

10. **WEP Index** (*индекс ключа WEP*). Задаёт, какой номер ключа WEP используется для шифрования.

11. **Auth type** (*тип аутентификации*). Задаёт тип аутентификации при использовании шифрования WEP: открытая или совместно используемыми ключами.

12. **Password** (*пароль*). В данное поле вводится ключ WEP или пароль WPA.

Для настройки шифрования и аутентификации необходимо перейти в пункт меню **Wireless -> Wireless Security**.

The screenshot shows the 'Wireless Security' configuration window. It has a green header bar with the text 'Wireless Security'. Below the header, there are three radio button options: 'Disable Security' (which is selected), 'WEP', and 'WPA/WPA2'. Under 'WEP', there are fields for 'Type' (set to 'Automatic'), 'WEP Key Format' (set to 'Hexadecimal'), and a table for 'Key Selected' (Key 1, Key 2, Key 3, Key 4) with 'Key Type' (all set to 'Disabled'). Under 'WPA/WPA2', there are fields for 'Version' (set to 'Automatic'), 'Encryption' (set to 'Automatic'), 'Radius Server IP', 'Radius Port' (set to '1812'), 'Radius Password', and 'Group Key Update Period' (set to '0'). Under 'WPA-PSK/WPA2-PSK', there are fields for 'Version' (set to 'Automatic'), 'Encryption' (set to 'Automatic'), 'PSK Password', and 'Group Key Update Period' (set to '0').

Рисунок Б.3 – Окно настроек шифрования и аутентификации

В данном окне можно указать следующие параметры настройки:

1. **Disable Security** (*отключить функции защиты*). Выбор данной опции позволяет отключить шифрование и аутентификацию

в радиоканале.

2. **WEP** (*настройка защиты по технологии WEP*). Выбор данной опции позволяет включить механизм защиты WEP и настроить его параметры:

а. **Type** (*тип аутентификации*). Можно выбрать один из методов: **Open System** — *открытая*, **Shared Key** — *с помощью совместно используемых ключей*.

б. **WEP Key Format** (*формат ключа шифрования*). Можно выбрать, в каком формате будет введен ключ: **Hexadecimal** (*шестнадцатеричный формат*) или **ASCII** (*формат ASCII*).

с. **Key Selected** (*выбранные ключи*). В данной области можно указать сам ключ и его длину в поле **Key Type** (*64, 128 или 152 бит*). Всего может быть задано до 4 различных ключей в полях **Key 1** – **Key 4**. При этом одновременно использоваться может только один ключ.

3. **WPA/WPA2** (*настройка защиты по технологии WPA/WPA2*). Выбор данной опции позволяет включить механизм защиты WPA и настроить его параметры:

а. **Version** (*версия протокола WPA*). Можно выбрать либо WPA, либо WPA2.

б. **Encryption** (*шифрование*). Можно выбрать либо TKIP, либо AES.

с. **Radius Server IP** (*IP-адрес сервера RADIUS*).

д. **Radius Server Port** (*порт сервера RADIUS*).

е. **Radius Password** (*пароль для сервера RADIUS*).

ф. **Group Key Update Period** (*период обновления группового ключа*).

4. **WPA-PSK/WPA2-PSK** (*настройка защиты по технологии WPA-PSK/WPA2-PSK*). Выбор данной опции позволяет включить механизм защиты WPA и настроить его параметры:

а. **Version** (*версия протокола WPA*). Можно выбрать либо WPA-PSK, либо WPA2-PSK.

б. **Encryption** (*шифрование*). Можно выбрать либо TKIP, либо AES.

с. **PSK Password** (*пароль*).

д. **Group Key Update Period** (*период обновления группового ключа*).

Важным дополнительным средством обеспечения безопасности в беспроводной сети является фильтрация по MAC-адресам.

Для настройки фильтрации перейдите в меню **Wireless -> Wireless MAC Filtering** (рисунок Б.4).

Wireless MAC Filtering

Wireless MAC Filtering: **Disabled**

Filtering Rules

☒ **Allow** the stations not specified by any enabled entries in the list to access.

☐ **Deny** the stations not specified by any enabled entries in the list to access.

ID	MAC Address	Status	Description	Modify
1	66-44-77-88-98-52	Enabled	TP-LINK_Wireless	Modify Delete
2	00-00-00-00-00-11	Enabled	TP-LINK_903J	Modify Delete

Рисунок Б.4 – Настройка фильтрации по MAC-адресам

Для включения фильтрации по MAC-адресам необходимо нажать на кнопку **Enable** в поле **Wireless MAC Filtering**.

Фильтр может работать в двух режимах: разрешение подключения перечисленных станций к точке доступа (**Allow**) или запрещение подключения перечисленных станций (**Deny**).

Для того чтобы добавить определенный MAC-адрес в список, необходимо нажать на кнопку **Add New...** При этом на экране появится окно (рисунок Б.5), в котором необходимо ввести MAC-адрес станции (в поле **MAC Address**), комментарий к записи (в поле **Description**) и состояние записи (в поле **Status**)

Add or Modify Wireless MAC Address Filtering entry

MAC Address:

Description:

Status:

Рисунок Б.5 – Добавление фильтра по MAC-адресу

Для настройки дополнительных параметров беспроводного интерфейса перейдите в меню **Wireless -> Wireless Advanced** (рис.Б.6).

Wireless Advanced	
Transmit Power:	High
Beacon Interval:	100 (40-1000)
RTS Threshold:	2346 (1-2346)
Fragmentation Threshold:	2346 (256-2346)
DTIM Interval:	1 (1-255)
☒ Enable WMM ☒ Enable Short GI ☐ Enable AP Isolation	
Save	

Рисунок Б.6 – Настройка дополнительных параметров радиоинтерфейса

В данном окне можно указать следующие параметры настройки:

1. **Transmit Power** (*мощность излучения*). – используют для установки одной из возможных мощностей излучения. В данной точке доступа предусмотрено три градации мощности излучения: высокий, средний и низкий.

2. **Beacon Interval** (*маячковый интервал*) – номинальный период¹ следования кадров маяка в мс. Рекомендованное значение для этого параметра составляет 100 мс.

3. **RTS Threshold** (*длина пакета, при которой происходит активация механизма RTS/CTS*). Устанавливает минимальное значение длины кадра в байтах, для передачи которого будет использован механизм RTS/CTS.

4. **Fragmentation Threshold** (*длина фрагмента*) – значение длины пакета в байтах, при превышении которой данный пакет будет фрагментирован. По умолчанию эта длина составляет 2346 байт.

5. **DTIM Interval** (*интервал Delivery Traffic Indication Message*) – установка счетчика окон для прослушивания широко-вещательных и групповых сообщений в маячковых интервалах. По умолчанию для данного счетчика устанавливают значение, равное 1.

6. **Enable WMM** (*включить поддержку QoS*). Позволяет включить или отключить поддержку спецификации IEEE 802.11e, вводящей приоритеты обслуживания станций и различные типы трафика для обеспечения QoS. Данный режим необходимо использовать при передаче мультимедиа трафика.

7. Enable Short GI (*использовать короткий защитный интервал OFDM-символов*). Позволяет включить или отключить использование короткого защитного интервала OFDM-символов. При включении данной опции маршрутизатор будет использовать короткие защитные интервалы 400 нс вместо стандартных 800 нс. При этом повысится скорость передачи на физическом уровне, но упадет помехоустойчивость системы.

8. Enable AP Isolation (*включить изоляцию точки доступа*). Позволяет включить или отключить дополнительную функцию защиты абонентских станций. При включении данной функции абонентские станции, подключенные к одной точке доступа, не смогут получать доступ друг к другу. Этот режим может использоваться при развертывании сети в общественных местах.

Для просмотра статистики по использованию точки доступа необходимо перейти в пункт меню **Wireless -> Wireless Statistics** (рисунок Б.7).

Wireless Statistics				
Current Connected Wireless Stations numbers: 2 Refresh				
ID	MAC Address	Current Status	Received Packets	Sent Packets
1	94-0C-6D-B0-A0-F0	STA-ASSOC	193	31
2	34-02-6D-B2-31-30	WPA	194	29
Previous Next				

Рисунок Б.7 – Статистика использования точки доступа

Приложение В

Описание настройки абонентских станций TP-Link TL-WN951N

Настройку станций пользователя осуществляют средствами ОС Windows 7. Для настройки необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на значке беспроводного соединения рядом с часами Windows. При этом на экране появится окно со списком беспроводных сетей, работающих рядом с данной абонентской станцией (рисунок В.1).

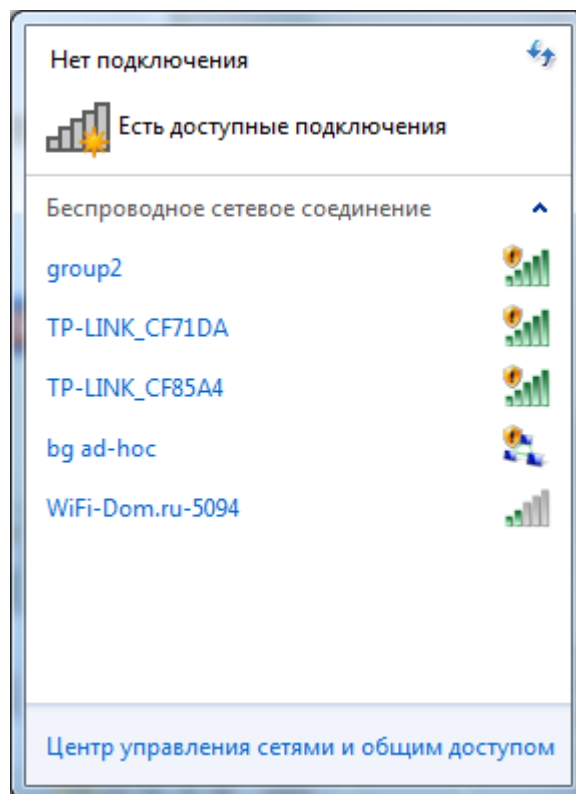


Рисунок В.1 – Окно обзора беспроводных сетей

Для настройки беспроводного соединения необходимо нажать на ссылку **Центр управления сетями и общим доступом**. На экране появится окно настройки сетей и подключений. Для добавления нового беспроводного подключения требуется перейти по ссылке **Настройка нового подключения или сети** и выбрать пункт **Подключение к беспроводной сети вручную** (рисунок В.2).

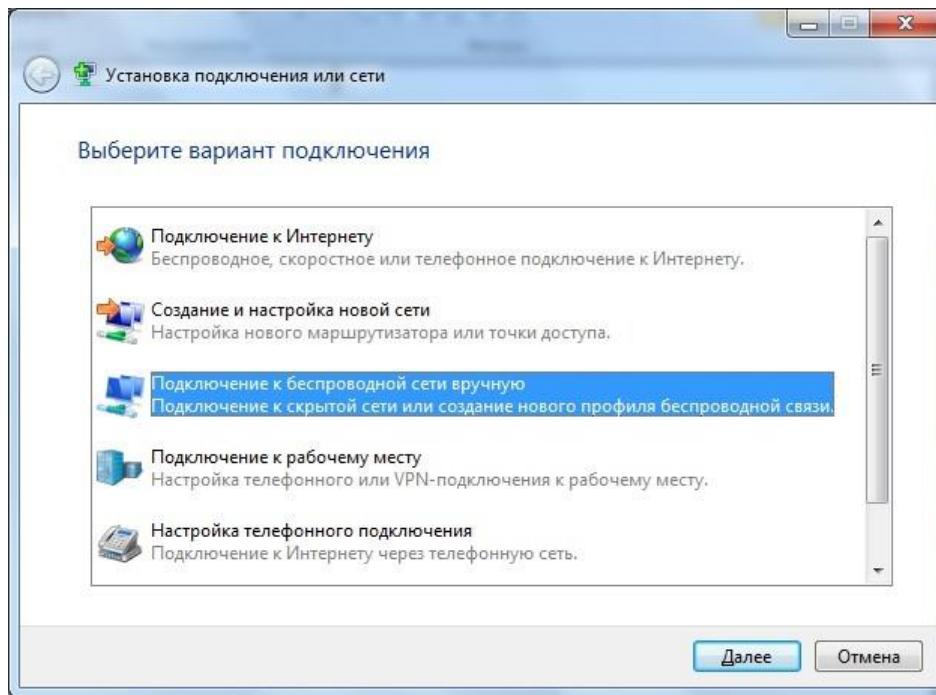


Рисунок В.2 – Окно создания подключения или сети

В открывшемся окне можно указать следующие параметры соединения (рисунок В.3):

1. **Имя сети (SSID).** Имя беспроводной сети, к которой будет производиться подключение. При работе в сети BSS имя должно совпадать с именем, заданным на точке доступа. При организации сети Ad-hoc (см. работу **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) имя должно быть одинаковым для всех абонентских станций, объединяемых в сеть.

2. **Тип безопасности.** При выборе режима шифрования WEP или WPA-PSK необходимо ввести ключ сети.

3. **Тип шифрования.**

4. **Запускать это подключение автоматически** – настройка позволяет автоматически подключаться к беспроводной сети, при обнаружении ее в радиусе работы адаптера ПК.

5. Подключаться, даже если сеть не производит широковещательную передачу.

После заполнения настроек, требуется нажать кнопку **Далее**. Управление созданными сетями осуществляется в разделе **Панель управления\Сеть и Интернет\Управление беспроводными сетями**.

Для создания одноранговой сети типа ad-hoc при создании нового подключения требуется выбрать раздел **Настройка беспроводной сети компьютер-компьютер**.

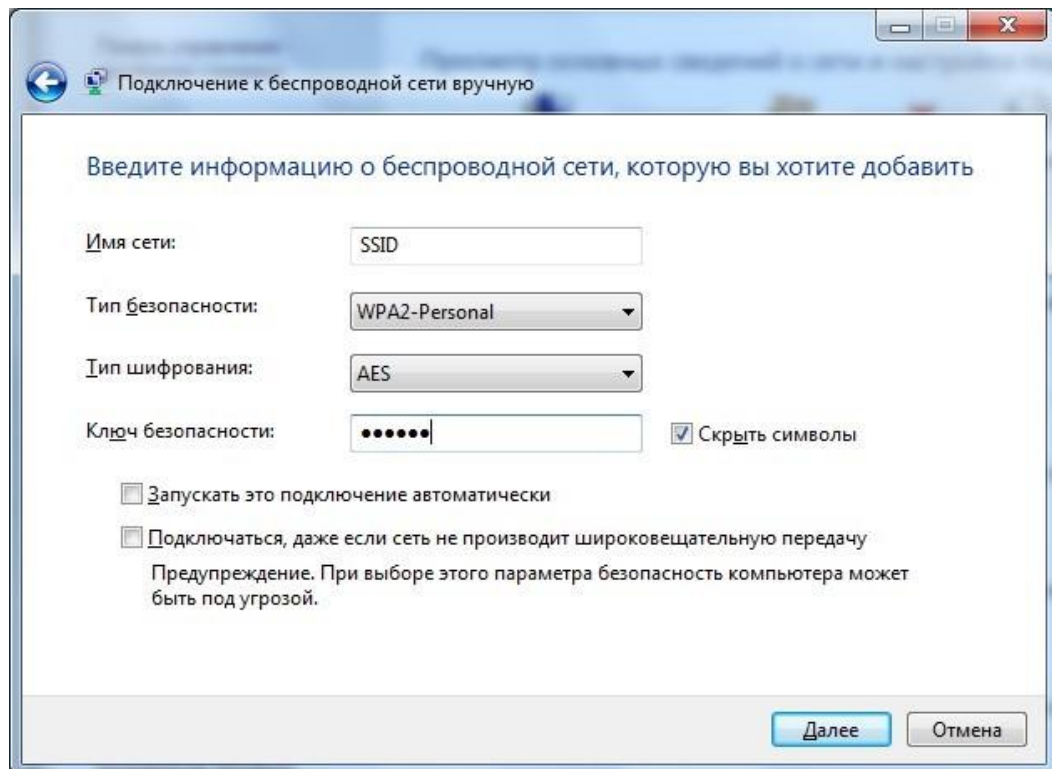


Рисунок В.3 – Создание профиля беспроводной сети

Библиографический список

1. Защита информации в системах беспроводной передачи : лабораторный практикум / Р. А. Филиппов, А. П. Горлов, Л. Б. Филиппова [и др.]. – Москва : Директ-Медиа, 2020. – 70 с.
2. Князев, А. А. Особенности работы сетевых устройств беспроводного доступа стандарта IEEE 802.11ах в условиях сложной электромагнитной обстановки / А. А. Князев, А. А. Чуев, А. Н. Кондратьев // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 13-17.
3. Заргарян, Ю. А. Современные технологии беспроводных сетей / Ю. А. Заргарян, Е. В. Заргарян. – Ростов-на-Дону : Директ-Сайнс, 2023. – 135 с.
4. Дибров, М. В. Сети и телекоммуникации. Маршрутизация в IP-сетях : Учебник и практикум / М. В. Дибров. – 2-е изд., пер. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 423 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра информационной безопасности

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 20 » 03 2026 г.
(ЮЗГУ)



**ИЗУЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОСИГ-
НАЛОВ В СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА GSM-900**

Методические указания по выполнению лабораторной работы

Курск 2026

УДК 004.7

Составитель: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина

Рецензент

Доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры информационной безопасности
А. А. Гуламов

Изучение моделей распространения радиосигналов в сети сотовой связи стандарта GSM-900: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина. – Курск, 2026. – 18 с.

В методических указаниях представлен теоретический материал по моделям распространения радиосигналов (Okumura-Hata, Walfish-Ikegami, RPS) в сетях сотовой связи стандарта GSM-900, а также описание интерфейса и функциональных возможностей программного пакета RPS (Radio Planning System) для планирования беспроводных сетей.

Полученные знания и умения способствуют формированию компетенций в области частотного планирования, анализа зон обслуживания и сравнительной оценки эффективности различных моделей прогнозирования уровня сигнала в условиях городской застройки.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и специальности 10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем. Представляют интерес для студентов и аспирантов всех направлений подготовки и специальностей технического и экономического направлений.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 20.03.26. Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 1,05. Уч.-изд. л. 0,95. Тираж 100 экз. Заказ 3/12 Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель лабораторной работы

Изучение моделей распространения радиосигналов, получение навыков работы с САПР беспроводных сетей RPS2.

2 Краткие теоретические сведения

2.1 Интерфейс программного пакета RPS (Radio Planning System).

2.1.1 Возможности пакета RPS

Программный пакет RPS предназначен для планирования радиорелейных и сотовых сетей связи. RPS позволяет проводить частотное планирование и выполнять все необходимые расчеты для оценки качества связи и зон обслуживания радиосети на основе реальных данных о рельефе местности.

2.1.2 Функции RPS

- размещение базовых станций с привязкой по географическим координатам или по месту на цифровой электронной карте;
- размещение препятствий (не отраженных на цифровой карте) с привязкой по географическим координатам или по месту на цифровой электронной карте;
- редактирования карты местности путем задания дополнительных высот для отдельных типов местности (лес, городские кварталы и т.п.);
- задание и редактирование карты трафика на рассматриваемой территории;
- поддержка локальных баз данных оборудования: антенн, диаграмм направленности, приемопередатчиков;
- отображение профиля местности между двумя выбранными точками;
- определение и отображение точек прямой видимости в заданной окрестности базовой станции;
- расчет и отображение уровня принятого сигнала в заданной окрестности базовой станции
- задание коэффициентов, корректирующих потери распространения, для отдельных типов местности;
- вывод результатов расчетов на печатающее устройство;

- преобразование электронных карт из форматов mapinfo и planet во внутренний формат gps;

2.1.2.1 Для радиорелейных сетей:

- формирование радиолиний, соединяющих две базовые станции;
- расчет потерь распространения сигнала между передающей и приемной антеннами радиолинии;
- расчет уровня принятого сигнала для прямой и обратной радиолинии;
- расчет надежности радиолинии;
- оценка дальней интерференции - помех, создаваемых радиолинии, другими станциями и радиолиниями;
- оценка ближней интерференции – помех, создаваемых передатчиками, расположенными в одном месте, приемникам радиолиний;

2.1.2.2 Для сотовых сетей:

- расчет максимального уровня принятого сигнала от нескольких базовых станций;
- расчет зон обслуживания для нескольких базовых станций;
- оценка мощности передатчика абонента, необходимой для связи с базовой станцией;
- расчет отношения сигнал – помеха в указанной области;
- расчет зон перекрытия сигнала от базовых станций;
- оценка загруженности базовых станций;
- расчет максимального уровня принятого сигнала вдоль выбранного маршрута;
- статистический анализ и отображение результатов измерения принятого сигнала.
- сравнение результатов расчета уровня принятого сигнала вдоль выбранного маршрута с реальными измерениями.

2.2 Моделирование систем связи в RPS

2.2.1 Порядок работы с RPS:

- задать общие параметры для нового проекта, имена рабочих каталогов и выбрать тип первой сети проекта.
- открыть новый проект. При этом создается описание первой

«пустой» сети.

- установить параметры сети, выбрав радиостандарт или задав собственный набор сетевых параметров.

- настроить параметры, описывающие свойства различных типов местности: высоту, коэффициенты, корректирующие потери распространения, распределение трафика.

- осуществить планирование сети связи. В ходе этой операции на цифровой карте размещаются базовые станции и выбираются их параметры. В радиорелейных сетях устанавливаются связи между станциями (формируются радиолинии). При необходимости в базы данных оборудования добавляются новые элементы.

- выполнить необходимые расчеты и распечатать (или сохранить) результаты. В расчетах во внимание принимаются лишь объекты, определенные в данной сети.

В рамках одного проекта можно сформировать несколько сетей разных типов. Однако, в данной версии RPS наличие других сетей не учитывается в расчетах, т.е. сети независимы друг от друга.

Примечание: прежде, чем начать работу с RPS, необходимо подготовить цифровую карту района и сформировать базы данных оборудования.

2.2.2 Создание проекта в RPS

Проект RPS включает в себя всю информацию, связанную с планированием радиосетей в некотором регионе (рабочей области), который определяется цифровой картой местности. Для одного региона может быть создано несколько проектов, но в одном проекте нельзя объединить несколько регионов, определяемых разными цифровыми картами.

Проект сохраняется на диске в текстовом файле с расширением «.pro». В состав проекта входят следующие компоненты:

- имя каталога с цифровой картой региона;
- имя каталога с базами данных оборудования;
- имя рабочего каталога, в котором сохраняются результаты расчетов;
- общие параметры, относящиеся ко всему региону;
- описание сетей, размещенных в данном регионе;
- перечень базовых станций и их параметров для каждой сети;
- перечень радиолиний для радиорелейных сетей;
- информация о выполненных расчетах;

- перечень дополнительных препятствий, корректирующих цифровую карту, и их параметры;
- характеристики типов местности, учитываемые в расчетах;
- атрибуты объектов, отображаемых на экране

Развитие проекта предусматривает размещение новых объектов (сетей, станций, радиолиний и т.д.), изменение параметров и удаление ранее созданных объектов.

Результаты расчетов, требующих больших затрат времени, сохраняются на диске, информация о них хранится в проекте и используется для отображения результатов без проведения повторных расчетов.

Базы данных оборудования могут расширяться и редактироваться независимо от проекта и использоваться в нескольких проектах одновременно. Следует учитывать, что изменение параметров оборудования в базе данных скажется на результатах расчетов во всех проектах, ссылающихся на эту базу данных.

2.2.3 Интерфейс RPS

Интерфейс RPS разработан в соответствии со стандартами, принятыми в операционных системах Microsoft Windows 95/NT. Операции с интерфейсными объектами (окнами, меню, панелями инструментов, окнами диалога) выполняются так, как это принято в MS Windows.

2.2.3.1 Главное окно

В RPS главное окно используется для отображения карты местности и размещения объектов (станций, радиолиний, маршрутов, препятствий и т.п.).

Главное окно можно перемещать для отображения различных участков цифровой карты региона.

В главном окне выполняются операции масштабирования карты.

При перемещении указателя мыши в строке состояния в нижней части главного окна отображаются географические координаты текущей точки и высота точки над уровнем моря.

2.2.3.2 Вспомогательные окна

Вспомогательные (дочерние) окна используются для вывода результатов расчетов. Дочерние окна могут быть перемещены в

любое место в пределах главного окна и могут быть «свернуты» в пиктограмму.

Содержимое вспомогательного окна, имеющего в верхнем левом углу значок , может быть выведено на печать. Содержимое текстовых окон может быть сохранено в файле.

2.2.3.3 Мышь

С помощью мыши в RPS выполняются следующие действия:

- выбор команд из главного меню;
- выбор места при создании новых объектов;
- доступ к объектам, отображенным на экране, для редактирования их параметров;
- выбор точек для построения профиля местности;
- задание прямоугольных областей для расчетов и печати.

Левая кнопка мыши используется для выбора команд из меню и доступа к объектам.

Правая кнопка мыши используется вывода на экран контекстных всплывающих меню, содержащих набор команд, зависящий от режима работы и типа объекта, над которым нажата правая кнопка мыши.

В зависимости от режима работы курсор мыши может принимать одну из следующих форм:

-  – обычный вид курсора в режиме выбора/создания объектов;
-  – курсор находится над объектом в режиме выбора объектов
-  – вид курсора в режиме масштабирования карты;
-  – курсор находится над объектом в режиме перемещения объектов;
-  – вид курсора в режиме выбора линий и прямоугольных областей.

2.2.3.4 Главное меню

В RPS используется иерархическая система меню. Для выбора действия или перехода к следующему уровню меню следует поместить указатель мыши над соответствующим пунктом меню и нажать левую кнопку мыши. Для возврата на предыдущий уровень меню следует нажать на клавишу «Esc». Ниже приводится перечень пунктов главного меню.

Проект – Операции с проектом (открыть, создать новый про-

ект, сохранить, закрыть, настроить общие параметры проекта, настроить параметры печати, завершить работу RPS);

Сеть – Создание новой сети в текущем проекте, переключение между сетями, редактирование общих параметров сети;

Вид – Выбор вида отображения карты местности, выбор масштаба карты, включение (выключение) отображения результатов расчетов;

Редактировать – Редактирование параметров объектов текущей сети;

Выполнить – Выполнение расчетов;

Оборудование – Доступ к базам данных оборудования;

Утилиты – Настройка общих параметров отображения объектов;

Окна – Стандартное меню Windows для управления дочерними окнами;

Помощь – Вызов справочной подсистемы RPS.

2.2.3.5 Панель инструментов

Линейка инструментов располагается под главным меню и содержит пиктограммы для переключения режимов работы и выполнения часто используемых команд. Ниже приводится список пиктограмм и соответствующие им команды меню:



— создать новый проект (меню **Проект /Новый**);



— открыть существующий проект (меню **Проект/Открыть**);



— сохранить проект (меню **Проект /Сохранить**);



— установить режим создания/редактирования параметров объектов (меню **Просмотр/Режим редактирования**);



— установить режим перемещения объектов (меню **Просмотр / Режим перемещения**);



— установить режим масштабирования карты (меню **Просмотр / Режим масштабирования**);



— установить режим выбора прямоугольной области (меню **Просмотр /Выбор прямоугольника**);



— установить режим выбора линии для построения профиля (меню **Просмотр /Выбор линии**);



— установить режим выбора маршрута (меню **Просмотр / Выбор трассы**);

-  — вывод полной карты региона (меню **Просмотр / Навигатор**);
-  — сдвиг главного окна влево (меню **Просмотр / Переместить окно / Влево**);
-  — сдвиг главного окна вправо (меню **Просмотр / Переместить окно / Вправо**);
-  — сдвиг главного окна вверх (меню **Просмотр / Переместить окно / Вверх**);
-  — сдвиг главного окна вниз (меню **Просмотр / Переместить окно / Вниз**);
-  — настройка параметров карты (меню **Утилиты / Параметры карты**);
-  — настройка параметров объектов (меню **Утилиты / Параметры объектов**).

2.2.4 Использование цифровых карт

С каждым проектом RPS должна быть связана цифровая карта местности, в которой проводится планирование. В ходе работы карта местности используется для размещения объектов (станций, радиолиний) и отображения результатов расчета.

Цифровая карта включает в себя следующие компоненты:

- набор растровых листов карты, содержащих для каждой точки информацию о высоте над уровнем моря и типе местности;
- набор векторных файлов, описывающих линейные объекты: реки, дороги, линии электропередачи и т.п.;
- набор файлов с надписями, размещаемыми на карте: названия населенных пунктов, рек, объектов и т.п.
- описание карты: размер листа, масштаб, координаты листов карты, тип проекции, в которой получена карта.

Размеры рабочей области определяются набором листов цифровой карты. Удаление листов карты из цифровой карты не допускается.

2.2.5 Базы данных RPS

В RPS поддерживаются следующие три базы данных оборудования:

- база данных антенн с диаграммами направленности (файл antenna.sdb).
- база данных приемопередатчиков (файл trxdata.sdb).

– база данных волноводов (файл wgdata.sdb).

Параметры оборудования, содержащиеся в базе данных, используются для инициализации параметров станции. При создании новой станции указывается тип антенны, приемопередатчиков и волновода. RPS выбирает параметры указанных устройств из базы данных и копирует их набор параметров станции. Базы данных должны размещаться в одном каталоге, путь к которому указывается при создании проекта.

Одни и те же базы данных оборудования могут использоваться в разных проектах.

3 Описание моделей

Модель RPS

Производится расчет уровня принятого сигнала на основе детального анализа профиля земной поверхности между передатчиком и точкой приема. Расчет уровня принятого сигнала в каждой точке эквивалентен расчету для радиолинии, соединяющей базовую станцию с данной точкой. Учитываются потери в свободном пространстве, потери за счет отражения, дифракции на препятствиях, высота и диаграмма направленности антенны передатчика.

Модель Okumura-Hata

Модель Okumura-Hata была разработана на основе данных измерения уровня сигнала передатчика в нескольких частотных диапазонах Токио и его пригородах. Выбор этого метода наиболее предпочтителен для урбанизированных областей, где расстояние анализа относительно невелико (меньше чем 30 км), эффективная высота передающей антенны – меньше чем 200м, эффективная высота приемной антенны - меньше чем 10м и местность относительно плоская. Использование этого метода для других случаев или при больших расстояниях может оказаться неприемлемым. Используя эту модель, можно выбирать типы наземных помех – «нет», «пригородная зона», «город». Этот выбор определит соответствующие выражения для затухания, а реальный рельеф местности не учитывается. Модель применима только при высоте антенны базовой станции выше уровня крыш.

Ограничения модели:

1) Диапазон частот 150-2000 МГц

- 2)Высота антенны базовой станции 30-200м
- 3)Высота антенны подписчика 1-10м
- 4)Дальность 1-20км

Модель Walfish-Ikegami

Модель Walfish-Ikegami применяется для расчета уровня принятого сигнала в крупных и средних городах. Производится расчет уровня сигнала на основе рекомендации COST-231. Реальный рельеф местности не учитывается, вместо этого в параметрах модели указывается тип городской застройки. Модель испытана в диапазоне частот 900-1800МГц на расстояниях от 100м до 3км. Обеспечивает хорошую точность предсказания при высоте антенны выше уровня крыш. Ошибки предсказания увеличиваются при высоте антенны близкой к уровню крыш. Модель не применима для открытых участков, где есть прямая видимость.

Ограничения модели:

- 1)Диапазон частот 800-2000МГц
- 2)Высота антенны базовой станции 4-50м
- 3)Высота антенны абонента 1-3м
- 4)Дальность 0,02-5км

Предварительные настройки:

1. Задать параметры сети: Cellular, радиостандарт- GSM. Для этого необходимо:

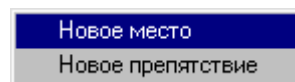
а) Выбрать пункт меню «Сеть/Новая/Тип новой сети» (где тип новой сети – «Релейная», «Транкинговая», «Сотовая» или «CDMA»).

б) В появившемся диалоговом окне указать один из стандартов сети или ввести требуемые нестандартные параметры.

2. Выбрать местоположения базовых станций (БС), для чего необходимо:

а) Находясь в режиме редактирования подвести курсор к месту размещения приемопередатчиков на карте и нажать левую кнопку мыши.

б) В появившемся меню выбрать пункт «Новое место»



в) В сотовой сети в окне ввода параметров задать координаты БС, *в соответствии с вариантом:*

Вариант 1

BS#1: долгота E 30-27-45.51, широта N 59-56-19.22

Вариант 2

BS#1: долгота E 30-22-6.04, широта N 59-52-35.88

Вариант 3

BS #1: долгота E 30-17 - 43.11, широта N 59-56-22.30

Вариант 4

BS#1: долгота E 30-23-22.58, широта N 60-0-5.63

Параметры места/станции

Место Станция#1

Имя Место#1 ID 8 Долгота E 30-41-27.56
☒ Метка Широта N 60-2-35.03

Станции

Станция#1

Место#1

Параметры изобр.
Параметры метки

Новая Удалить

Соединения

OK Отмена Применить Справка

Параметры места/станции

Место Станция#1

Название Станция#1 ID 13

Приемопередатчик
Default
Мощн.пер. 28.000 дБм
Чувствит. -100.000 дБм
Канал: Центр. частота
F1: 980.100 MHz

Антенна
Default
Высота отн. земли 30.0 м
Наклон 0 град.
Азимут 0 град.
Поляризация
☒ Вертикальная
☐ Горизонтальная

Пространственный разнос 0.0 м
Частотный разнос 0.0 МГц

Фидеры
На передачу Default На прием Default
Длина 0 м Длина 0 м
Прочие потери 0.0 дБ Прочие потери 0.0 дБ

OK Отмена Применить Справка

Указать количество секторов БС. и выбрав соответствующую закладку, назначить состав оборудования каждого из них.

Задать параметры БС: имя - **BS#1**, число секторов **1** антенна - OMNI, высота антенны (таблица 1.1), поляризация - вертикальная, приемопередатчик - (таблица 1.1), фидеры - default.

Таблица 1.1 – Параметры БС

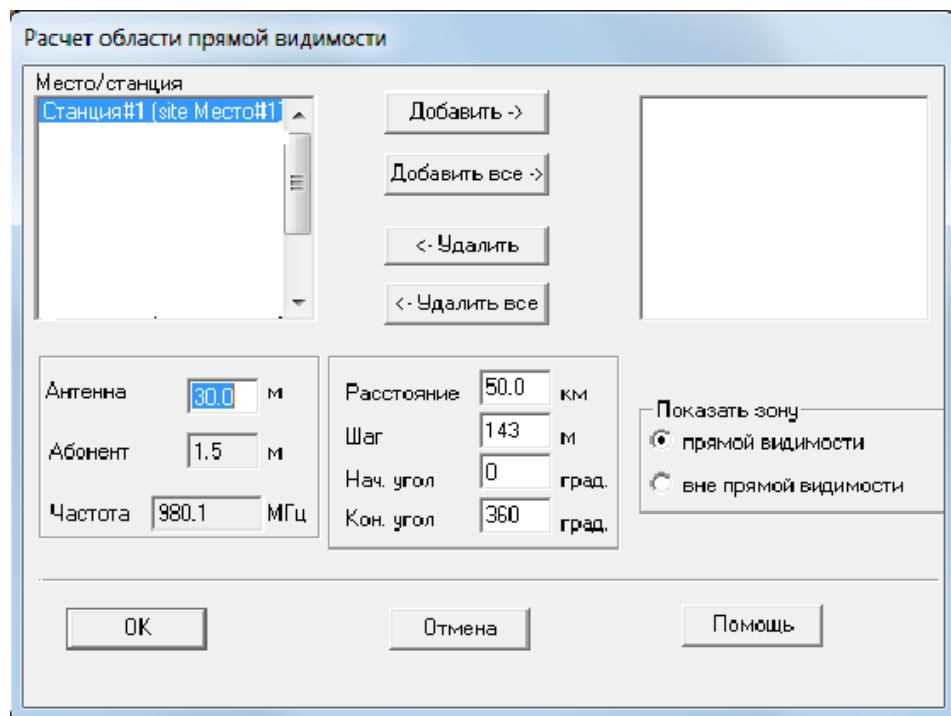
Оборудование	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Приемопередатчик	BS	TRx CV	TRx CV	BS
Мощность передатчика дБ	28	28	28	28
Высота передающей антенны, м	50	40	30	25
Дальность передачи км	15	10	5	3

4 Задание на лабораторную работу

1. Провести расчет зоны прямой видимости для заданной базовой станции.

Для этого следует:

Выбрать пункт меню «Выполнить». Во вкладке выбрать «Расчет прямой видимости» и в появившемся диалоговом окне выбрать станцию с установленными для нее параметрами.



Нажав кнопку «Добавить»

Расчет области прямой видимости

Место/станция
 Станция#1 (site Место#1) Добавить ->
Добавить все ->
<- Удалить
<- Удалить все

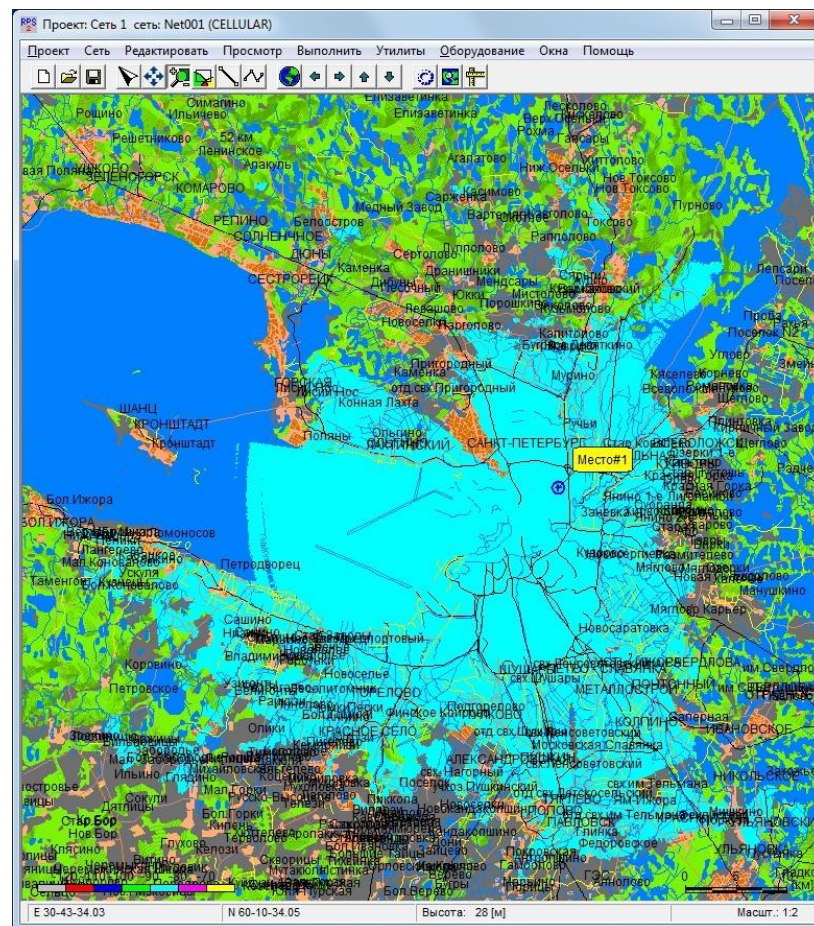
Антенна м
 Абонент м
 Частота МГц

Расстояние км
 Шаг м
 Нач. угол град.
 Кон. угол град.

Показать зону
☒ прямой видимости
☐ вне прямой видимости

OK Отмена Помощь

и далее «ОК», провести расчет прямой видимости



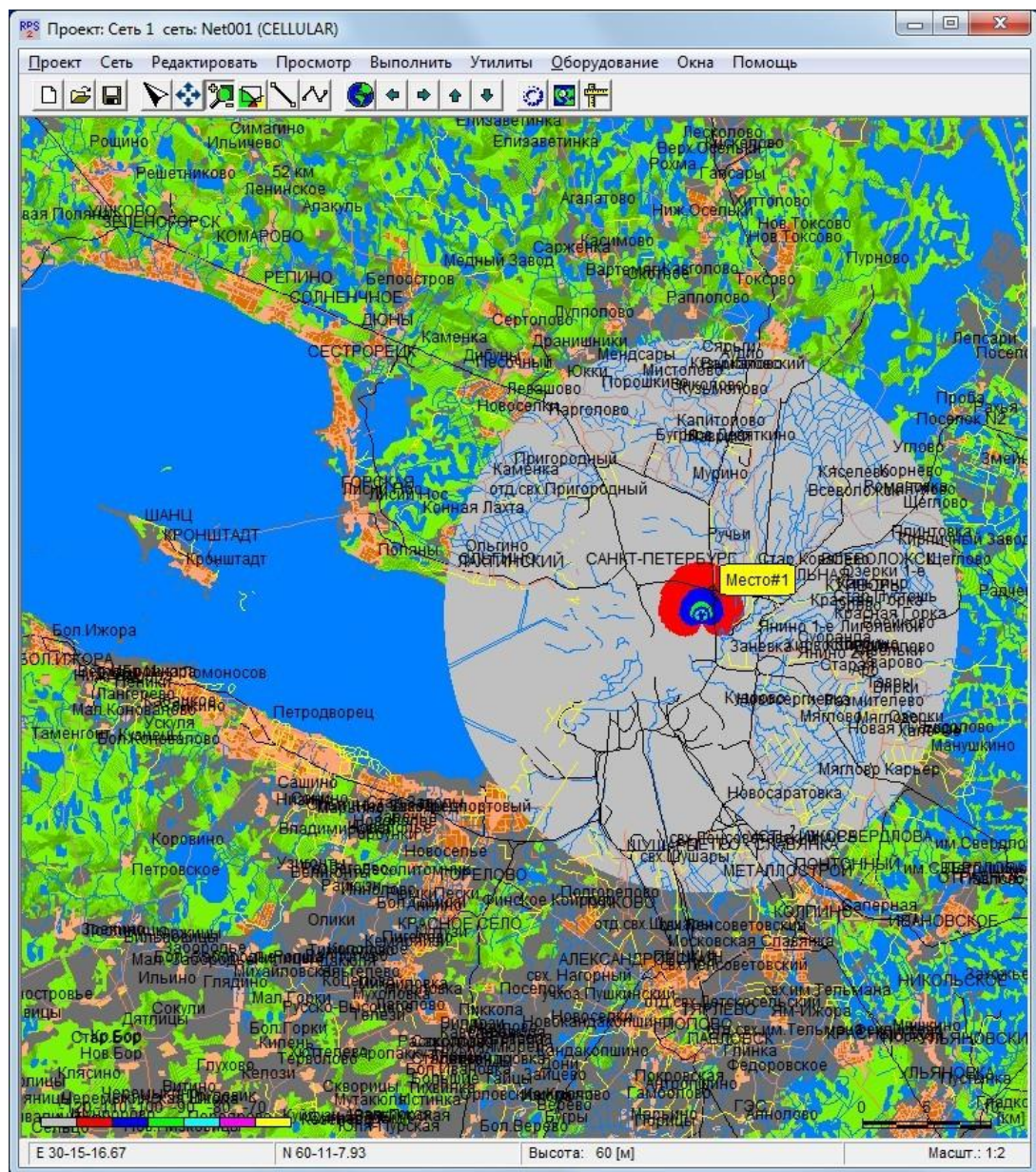
2. Провести *последовательный расчет* уровня сигнала передатчика базовой станции, для *следующих моделей* распространения.

2.1 Модель Okumura-Hata

2.2 Модель Walfish-Ikegami

2.3 Модель RPS2

Для проведения расчетов на каждом этапе необходимо: выбрать пункт меню «Выполнить». Во вкладке выбрать «Расчет покрытия» и в появившемся диалоговом окне выбрать станцию с установленными для нее параметрами аналогично п.п. 1. Нажав кнопку «ОК» провести расчет покрытия в соответствии с выбранной моделью.



3. Провести сравнительный анализ моделей наиболее оптимальных для использования в данной городской зоне

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером варианта, фамилиями студентов и группы.
2. Цель работы и задание на лабораторную работу.
3. Результаты расчетов, полученные в п.п. 1-3 задания на лабораторную работу.
4. Цифровая карта местности с размещенными на ней БС.
5. Выводы по полученным данным расчетов.

Контрольные вопросы

1. Возможен ли точный аналитический расчет энергетического потенциала радиоканала для реальных условий функционирования систем подвижной радиосвязи
2. Что характеризует модель «малого расстояния».
3. Что характеризует модель «большого расстояния».
4. На какие группы подразделяются модели «большого расстояния».
5. В каких моделях учитываются особенности территории и ее застройки, информация о которых хранится в специальной базе данных.
6. Какие модели базируются на результатах экспериментальных исследований напряженности поля.

Библиографический список

1. Колодезная, Г. В. Проектирование сети LTE : методические указания по выполнению курсовой работы / Г. В. Колодезная. – Хабаровск : Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2025. – 30 с.

2. Быстров, Н. Е. Введение в радиотехнические системы цифровой передачи информации / Н. Е. Быстров. – Великий Новгород : Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2023. – 219 с.

3. Князев, А. А. Особенности построения сетей сотовой связи пятого поколения / А. А. Князев, А. А. Чуев, А. Н. Кондратьев // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 165-168.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра информационной безопасности

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Лектионова
« 20 » 03 2026 г.



**ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СЕТИ
СОТОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА GSM-900**

Методические указания по выполнению лабораторной работы

Курск 2026

УДК 004.7

Составитель: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина

Рецензент

Доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры информационной безопасности
А. А. Гуламов

Частотно-территориальное планирование сети сотовой связи стандарта GSM-900: методические указания по выполнению лабораторной работы/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина. – Курск, 2026. – 10 с.

В методических указаниях представлен теоретический материал и практические задания, направленные на освоение методики проектирования и анализа фрагмента сети сотовой связи стандарта GSM. Рассмотрены вопросы учета влияния рельефа местности на распространение радиоволн, процедуры оценки потерь сигнала на трассе и определения зон обслуживания базовых станций.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и специальности 10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем. Представляют интерес для студентов и аспирантов всех направлений подготовки и специальностей технического и экономического направлений.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 20.03.26 Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 0,58. Уч.-изд. л. 0,53. Тираж 100 экз. Заказ 3/В Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель лабораторной работы

Приобретение навыков работы с цифровой картой местности; выполнение расчетов, необходимых для оценки качества связи и зон обслуживания радиосети на основе реальных данных о рельефе местности.

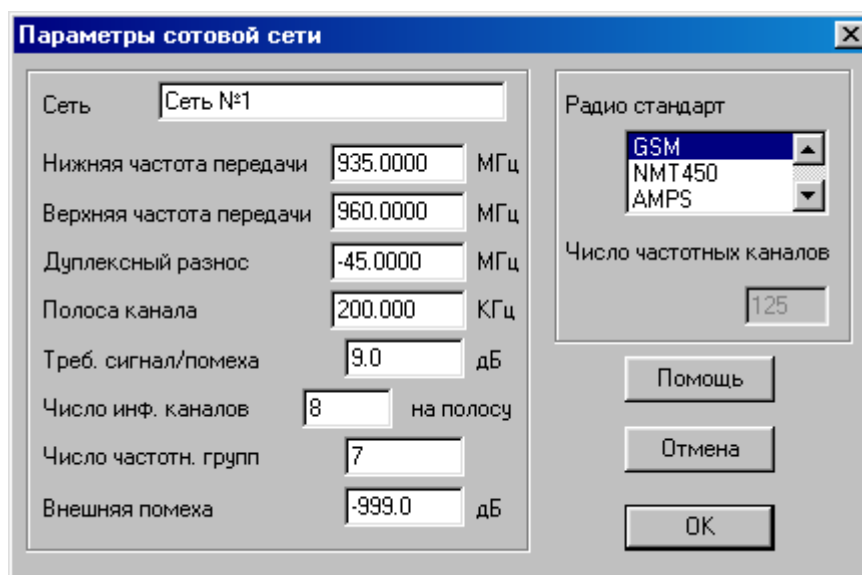
2 Краткие теоретические сведения

Предварительные настройки:

1. Задать параметры сети: Cellular, радиостандарт- GSM. Для этого необходимо:

а) Выбрать пункт меню «Сеть/Новая/Тип новой сети» (где тип новой сети – «Релейная», «Транкинговая», «Сотовая» или «CDMA»).

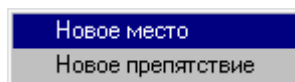
б) В появившемся диалоговом окне указать один из стандартов сети или ввести требуемые нестандартные параметры.



1. Выбрать местоположения базовых станций (БС), для чего необходимо:

а) Находясь в режиме редактирования подвести курсор к месту размещения приемопередатчиков на карте и нажать левую кнопку мыши.

б) В появившемся меню выбрать пункт «Новое место»



в) В сотовой сети в окне ввода параметров задать координаты БС:

BS#1: долгота E 30-11-20.38, широта N 60-4-7.45

BS#2: долгота E 30-20-49.49, широта N 60-7-27.68

BS#3: долгота E 30-31-35.15, широта N 60-5-47.56

Указать количество секторов БС. и выбрав соответствующую закладку, назначить состав оборудования каждого из них.

Задать параметры БС: имя - **BS#1**, число секторов **1** антенна - OMNI, высота антенны (таблица 1.1), поляризация - горизонтальная, приемопередатчик - (таблица 1.1), фидеры - default.

4. Задать параметры абонента (**Редактировать - Абонент**):

– антенна OMNI;

– поляризация горизонтальная.

Координаты позиций Абонентов, удаленных на 35 км (максимальный радиус соты для GSM):

Абонент#1: долгота E 30-12-30.27, широта N 59-49-27.97

Абонент#2: долгота E 30-55-59.62, широта N 59-50-32.66

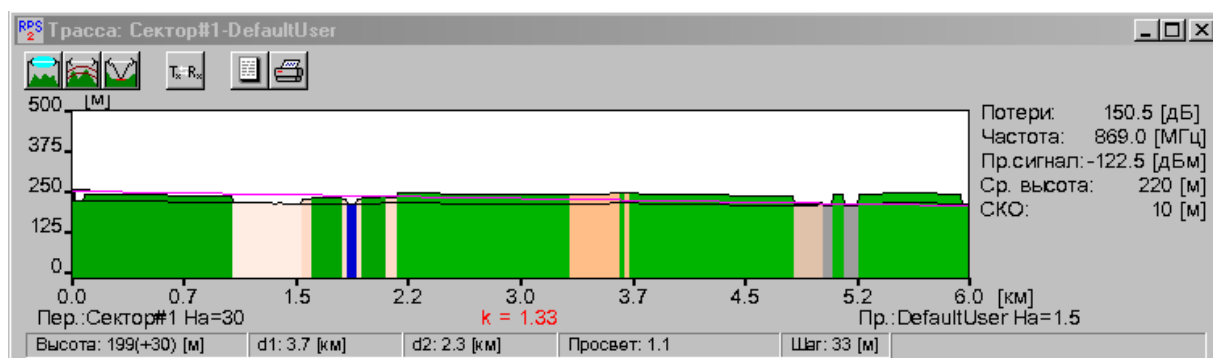
3 Задание на лабораторную работу

1. Провести анализ рельефа местности: оценить потери при распространении до наиболее удаленной точки соты (провести линию от БС#3 до любого из **Абонентов** на расстоянии 35 км от БС#3).

Определить уровень сигнала (Трасса: Сектор#1, Пр.сигнал, дБм) в двух различных местах (Абонент #1, Абонент #2), находящихся на расстоянии 35 км от BS#3, и сравнить его с чувствительностью приемника абонента (-100 дБм), дать рекомендации относительно выбора (замены) приемопередатчиков **БС**.

Для этого следует:

- а) Нажать кнопку  на инструментальной панели программы.
- б) Подвести курсор, принимающий в этом случае форму , к базовой станции, в зоне обслуживания которой находится предполагаемый абонент.
- в) Добиться того, чтобы курсор оказался точно над нужной базовой станцией. Признаком правильного расположения курсора служит изменение его формы, которая принимает вид .
- г) В момент, когда курсор принимает форму , нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, подвести курсор к точке расположения предполагаемого абонента.



Проанализировать характеристики радиолинии, используя следующие процедуры:

– Нажатием на кнопку  получить информацию о том, какой фактор (дифракция, отражение и т.д.) какой вклад внес в потери распространения сигнала; к такому же результату приводит выбор пункта меню «**Выполнить/Потери радиолинии**» с последующим указанием нужной радиолинии, или выбор пункта меню

«Потери прямой радиолинии», возникающего при нажатии правой кнопки мыши над анализируемой радиолинией.

а) После нажатия на кнопки ,  и  в окне с профилем радиолинии дополнительно получить данные, соответственно, о первой зоне Френеля, линии уровня и точке отражения сигнала (если они есть).

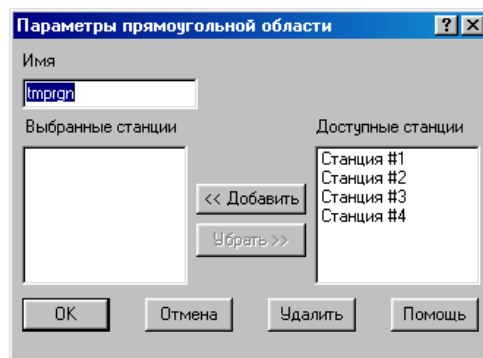
б) Нажатием на кнопку  проанализировать характеристики обратной радиолинии – от передатчика конечной точки (в этом случае он помещается в левую точку профиля) до приемника начальной точки, который в этом случае помещается в правую точку профиля. В правой части окна в этом случае приводится уровень сигнала на входе другого приемника радиолинии, и, как и ранее, с помощью кнопки проанализировать вклад различных факторов в потери распространения сигнала (то же самое можно сделать путем выбора пункта меню «Потери обратной радиолинии», возникающего при нажатии правой кнопки мыши над анализируемой радиолинией).

2. Выполнить расчет по п. 1 при наличии препятствия в виде горы (mountain) высотой 450 м, длиной и шириной 1000 м. Проанализировать рельеф местности (Трасса: Сектор#1, Пр.сигнал, дБм). Для создания препятствия переместить курсор мыши к точке размещения препятствия и нажать левую кнопку. Выбрать пункт меню «Новое препятствие». На экране появится диалог для настройки параметров препятствия. Настроить параметры препятствия.

3. Провести анализ наличия и отсутствия связи для трех заданных станций. Для определения зоны наличия (отсутствия) связи для заданных БС необходимо:

в) Нажать на инструментальной панели кнопку  и перейти в режим редактирования регионов.

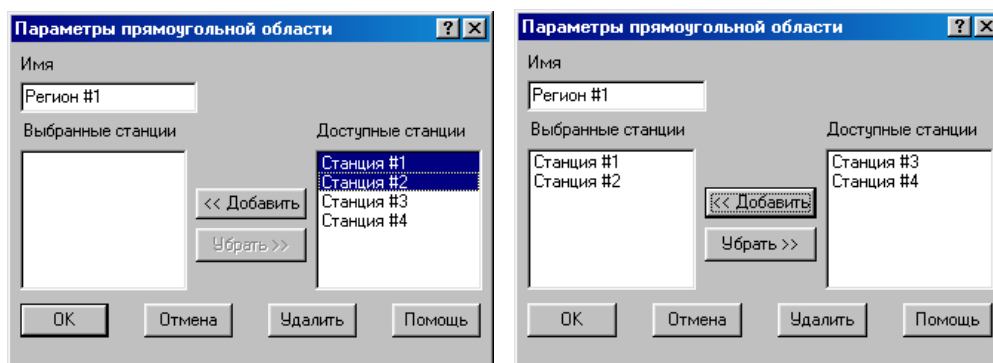
г) Подвести курсор, который в данном режиме имеет форму  к левому верхнему углу интересующего региона.



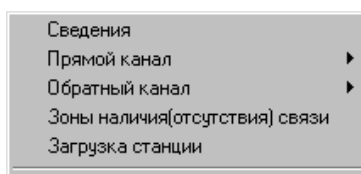
д) Нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, растянуть появившийся прямоугольник (ограниченный черным контуром) до нужных размеров, после чего отпустить кнопку мыши. На экране появится область прямоугольной формы, ограниченная черным контуром.

е) Находясь в районе созданной прямоугольной области (при попадании в этот район курсор принимает форму ) щелкнуть левой клавишей мыши.

ж) В появившемся диалоге ввести название создаваемого региона и указать, какие из перечисленных в правой части доступных станций будут учитываться в расчетах в этом регионе (выделить название нужной станции(й) и нажать кнопку «<<Добавить»).



Далее следует расположить курсор над регионом и нажать правую кнопку мыши. Затем, в появившемся диалоге левой клавишей мыши выбрать режим «Зоны наличия (отсутствия) связи».



1. Произвести вспомогательные расчеты потерь при распространении на расстоянии 35 км для различных типов местности (село, пригород, город) (Утилиты - Вспомогательные расчеты - COST 231 Hata).

Параметры: расстояние 35 км, высота передающей антенны и тип приемопередатчика базовой станции (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Оборудование	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Приемопередатчик	BS	TRx CV	TRx CV	BS
Высота передающей антенны, м	30	35	40	50

2. Произвести расчет числа каналов базовой станции (таблица 1.2). Для расчета числа каналов БС навести указатель мыши на участок между тремя БС и, нажав правую клавишу, выбрать «Расчет числа каналов БС».

Таблица 1.2

Параметры системы	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Удельная нагрузка от одного абонента, Эрл	0,04	0,03	0,05	0,025
Вероятность установления соединения	0,98	0,96	0,97	0,99
Соединение	БС с макс, сигналом	БС с макс. сигналом	Равновероятное	Равновероятное
Закон распределения абонентов	Равномерный	Нормальный	Нормальный	Равномерный

Примечание: Формула для расчета числа каналов: Эрланга В.

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером варианта, фамилиями студентов и группы.

2. Цель работы и задание на лабораторную работу.

3. Результаты расчетов, полученные в п.п. 1-5 задания на лабораторную работу.

4. Цифровая карта местности с размещенными на ней БС, препятствиями и абонентами.

5. Выводы по полученным данным расчетов.

Контрольные вопросы и задания

1. Какая модель использовалась при расчете потерь мощности сигнала на трассе распространения?

2. Каково максимальное расстояние, при котором еще имеет место уверенный прием сигнала в стандарте GSM-900?

3. Какие типы препятствий на трассе вызывают наибольшие потери мощности сигнала?

4. Какие параметры входят в модель Окамуры?

5. Дайте определение зоны Френеля.

6. Назовите основные методы разнесения при разнесенном приеме.

7. Дайте определение дифракции радиоволн.

Библиографический список

1. Колодезная, Г. В. Проектирование сети LTE: методические указания по выполнению курсовой работы / Г. В. Колодезная. – Хабаровск : Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2025. – 30 с.

2. Быстров, Н. Е. Введение в радиотехнические системы цифровой передачи информации / Н. Е. Быстров. – Великий Новгород : Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2023. – 219 с.

3. Князев, А. А. Особенности построения сетей сотовой связи пятого поколения / А. А. Князев, А. А. Чуев, А. Н. Кондратьев // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 165-168.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра информационной безопасности

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтинова

« 20 » 03



**ПОСТРОЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ НА
ОСНОВЕ СТАНДАРТА IEEE 802.11B/G (WI-FI)**

Методические указания по выполнению лабораторной работы

Курск 2026

УДК 004.7

Составитель: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина

Рецензент

Доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры информационной безопасности

А. А. Гуламов

Построение локальной беспроводной сети на основе стандарта IEEE 802.11b/g (Wi-Fi): методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Чуев, Ю.В. Шуклина. – Курск, 2026. – 19 с.

В методических указаниях представлены теоретические основы стандартов IEEE 802.11 и принципов построения беспроводных сетей Wi-Fi. Рассмотрены логические топологии, сервисы стандарта и методы доступа к среде передачи.

Выполнение лабораторной работы способствует формированию компетенций в области проектирования и конфигурирования беспроводных сетей, анализа пакетного трафика, а также оптимизации зон покрытия Wi-Fi и минимизации «мертвых зон».

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и специальности 10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем. Представляют интерес для студентов и аспирантов всех направлений подготовки и специальностей технического и экономического направлений.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 20.03.26. Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 1,1, Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 814 Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель лабораторной работы

Построение и настройка беспроводной локальной сети Wi-Fi в Cisco Packet Tracer, оценка пакетного трафика, а также определение оптимального размещения точек доступа в помещении с использованием Wi-Fi Planner Pro.

2 Краткие теоретические сведения

Разработкой и поддержкой стандарта 802.11 занимается комитет Wi-Fi Alliance. Термин Wi-Fi (Wireless Fidelity) используется в качестве общего имени для стандарта 802.11, а также всех последующих спецификаций, относящихся к беспроводным локальным сетям (wireless LAN).

Стандарт IEEE 802.11 активно развивается и включает в себя множество спецификаций. Стандарт 802.11a рассчитан на работу в частотном диапазоне 5 ГГц. Скорость передачи данных до 54 Мбит/с, то есть примерно в пять раз быстрее сетей 802.11b. Это наиболее широкополосный стандарт из семейства. К его недостаткам относят большую потребляемую мощность радиопередатчиков для частот 5 ГГц, а также меньший радиус действия (100 м). Стандарт 802.11b благодаря ориентации на диапазон 2,4 ГГц завоевал наибольшую популярность у производителей оборудования. В качестве базовой радиотехнологии в нем используется метод расширенного спектра прямого распространения DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), который отличается высокой устойчивостью к искажению данных, помехам, в том числе преднамеренным, а также к обнаружению. Поскольку оборудование 802.11b, работающее на максимальной скорости 11 Мбит/с, имеет меньший радиус действия, чем на более низких скоростях, то им предусмотрено автоматическое понижение скорости при ухудшении качества сигнала. Пропускная способность (теоретическая 11 Мбит/с, реальная – от 1 до 6 Мбит/с) отвечает требованиям большинства приложений. Расстояния – до 300 м, но на практике – до 160 м.

Спецификация 802.11d устанавливает универсальные требования к физическому уровню (процедуры формирования каналов, псевдослучайные последовательности частот и т.д.). Спецификация 802.11e позволит создавать мультисервисные беспроводные сети для корпораций и индивидуальных потребителей. При сохранении

полной совместимости с действующими стандартами 802.11a и 802.11b она расширяет их функциональность за счет обслуживания потоковых мультимедиа-данных и гарантированного качества услуг. Спецификация 802.11f описывает протокол обмена служебной информацией между точками доступа IAPP (Inter-Access Point Protocol). Спецификация 802.11h предусматривает возможность дополнения действующих спецификаций алгоритмами эффективного выбора частот для офисных и уличных беспроводных сетей, а также средствами управления использованием спектра, контроля излучаемой мощности и генерации соответствующих отчетов.

Стандарт 802.11g является стандартом, регламентирующим метод построения wireless LAN, функционирующих в не лицензируемом частотном диапазоне 2,4 ГГц. Максимальная скорость передачи данных в беспроводных сетях 802.11g составляет 54 Мбит/с. Оборудование, поддерживающее этот стандарт, обеспечивает одновременное подключение к сети устройств стандартов 802.11g и 802.11b, поскольку он представляет собой развитие последнего и обратно совместим с ним. В числе преимуществ 802.11g отмечается низкая потребляемая мощность, большие расстояния (до 300 м) и высокая проникающая способность сигнала.

Существует несколько технологий беспроводных сетей, использующих как радио-, так и инфракрасные волны. Основное преимущество таких сетей – возможность объединения разного оборудования.

Беспроводные сети могут иметь две логические топологии:

– Точка - точка доступа (Infrastructure) - звездообразная - применяется в устройствах стандарта 802.11 b/g и RadioLAN. Здесь точка доступа (узловой передатчик) играет роль концентратора, поскольку все компьютеры соединяются через нее, а не взаимодействуют друг с другом напрямую. При такой топологии несколько сетевых адаптеров могут быть объединены одной точкой доступа, либо несколько точек доступа соединены с одной точкой доступа. Этот режим применяется для создания локальной беспроводной сети из нескольких пользователей, для соединения этой сети с проводной сетью (например, для выхода в Интернет), для соединения между собой нескольких проводных сетей.

– Точка - точка (Ad-hoc). Два сетевых адаптера либо две точки доступа соединяются между собой. Метод применяется для непосредственного соединения двух компьютеров либо при орга-

низации радио-моста между двумя проводными сетями. Эта топология используется в устройствах HomeRF (Home Radio Frequently – домашний радиодиапазон) и применяется в устройствах Bluetooth. Такие устройства напрямую соединяются друг с другом и не требуют никаких узловых передатчиков или других устройств, подобных концентратору, для взаимодействия друг с другом.

Таким образом, оборудование беспроводных сетей включает в себя узловые передатчики (*точки беспроводного доступа Access Point*) и *беспроводные адаптеры* для каждого абонента. Точки доступа выполняют роль концентраторов, обеспечивающих связь между абонентами и между собой, а также функцию мостов, осуществляющих связь с кабельной локальной сетью и с Интернет. Несколько близкорасположенных точек доступа образуют зону доступа Wi-Fi (Hotspot), в пределах которой все абоненты, снабженные беспроводными адаптерами, получают доступ к сети.

Метод доступа к такой сети – множественный доступ с предотвращением коллизий CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). Сеть строится по сотовому принципу. В сети предусмотрен механизм роуминга, то есть поддерживается автоматическое подключение к точке доступа и переключение между точками доступа при перемещении абонентов, хотя строгих правил роуминга стандарт не устанавливает.

Стандарт **IEEE 802.11** предусматривает, что все беспроводные сети (wireless LAN) должны предоставлять девять типов сервисов (услуг). Их можно разделить на две категории: сервисы распределения (пять из девяти) и станционные (четыре сервиса).

Сервисы распределения связаны с управлением станциями, находящимися в данной соте, и взаимодействием с внешними станциями.

Станционные сервисы имеют отношение к управлению активностью внутри одной соты.

Пять сервисов распределения предоставляются базовой станцией и имеют дело с мобильностью станций при их входе в соту или выходе из нее:

- *Ассоциация*. Используется мобильными станциями для подключения к базовым станциям (БС). Мобильная станция передает идентификационную информацию и сообщает о своих возможностях (поддерживаемой скорости передачи данных, необходимости РСF-услуг, или опроса) и требованиях по управлению электропита-

нием. Базовая станция может принять или отвергнуть мобильную станцию. Если последняя принята, она должна пройти идентификацию.

– Дизассоциация. По инициативе мобильной или базовой станции может быть произведена дизассоциация, то есть разрыв отношений. Это требуется при выключении станции или ее уходе из зоны действия БС. Впрочем, базовая станция также может быть инициатором дизассоциации, если, например, она временно выключается для проведения технического обслуживания.

– Реассоциация. С помощью этого сервиса станция может сменить БС. Очевидно, данная услуга используется при перемещении станции из одной соты в другую. Если она проходит корректно и без сбоев, то при переходе никакие данные не теряются.

– Распределение. С помощью этой услуги определяется маршрутизация кадров (единицы данных, которыми обмениваются компьютеры в сети Ethernet), посылаемых базовой станцией. Если адрес назначения является локальным с точки зрения БС, то кадры следуют просто напрямую (передаются в эфире). В противном случае их необходимо пересылать по проводной сети.

– Интеграция. Если кадру нужно пройти через сеть, не подчиняющуюся стандарту 802.11 и использующую другую схему адресации и/или формат кадра, то на помощь приходит данный сервис. Он реализует трансляцию форматов.

Оставшиеся четыре сервиса – это внутренние услуги соты. Они предоставляются после прохождения ассоциации. Ниже перечислены станционные сервисы:

– Идентификация. Поскольку беспроводные коммуникации подразумевают очень легкое подключение к сети и возможность приема/отправки данных любыми станциями, попавшими в зону действия БС, то возникает необходимость идентификации. Только после идентификации станции разрешается обмен данными. После принятия мобильной станции в ряды текущих абонентов соты базовая станция посылает специальный кадр запроса, позволяющий понять, знает ли станция присвоенный ей секретный ключ (пароль). Подтверждение осуществляется путем шифрования кадра запроса и отсылки его назад базовой станции. Если шифрование выполнено корректно, мобильная станция получает нормальные права доступа к сети.

– Деидентификация. Если станция, работавшая в сети, покидает ее, она должна произвести деидентификацию. После выполнения данного сервиса она больше не сможет использовать ячейку.

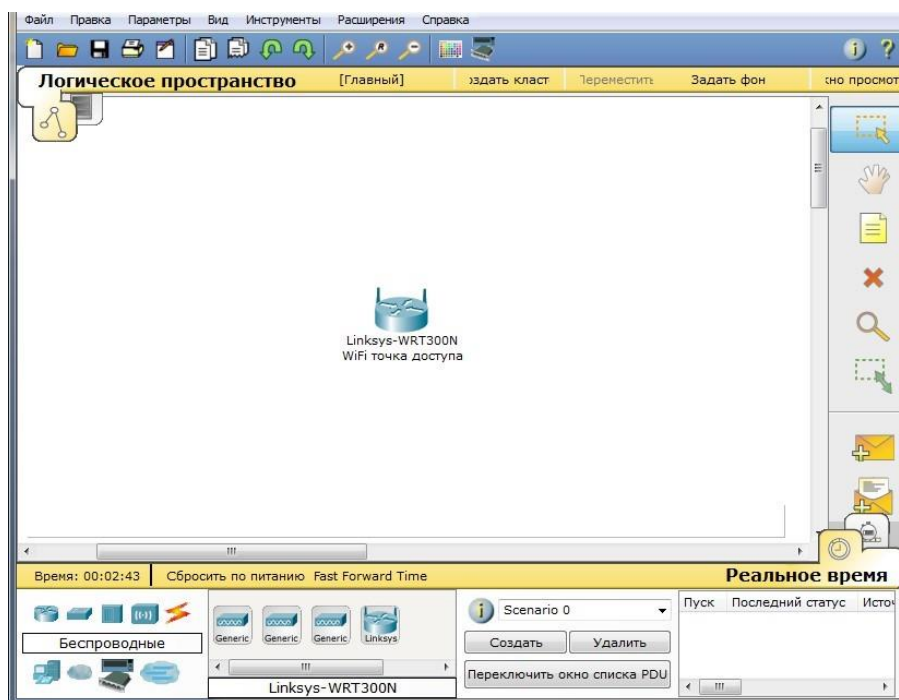
– Конфиденциальность. Чтобы сохранить передаваемые по сети данные, их необходимо шифровать. Данный сервис осуществляет операции по шифрации и дешифрации информации. Применяется алгоритм RC4, изобретенный Рональдом Ривестом (Ronald Rivest).

– Доставка данных. Именно этот сервис является ключевым во всей работе сети, поскольку стандарт 802.11 существует для обмена данными.

3 Задание на лабораторную работу

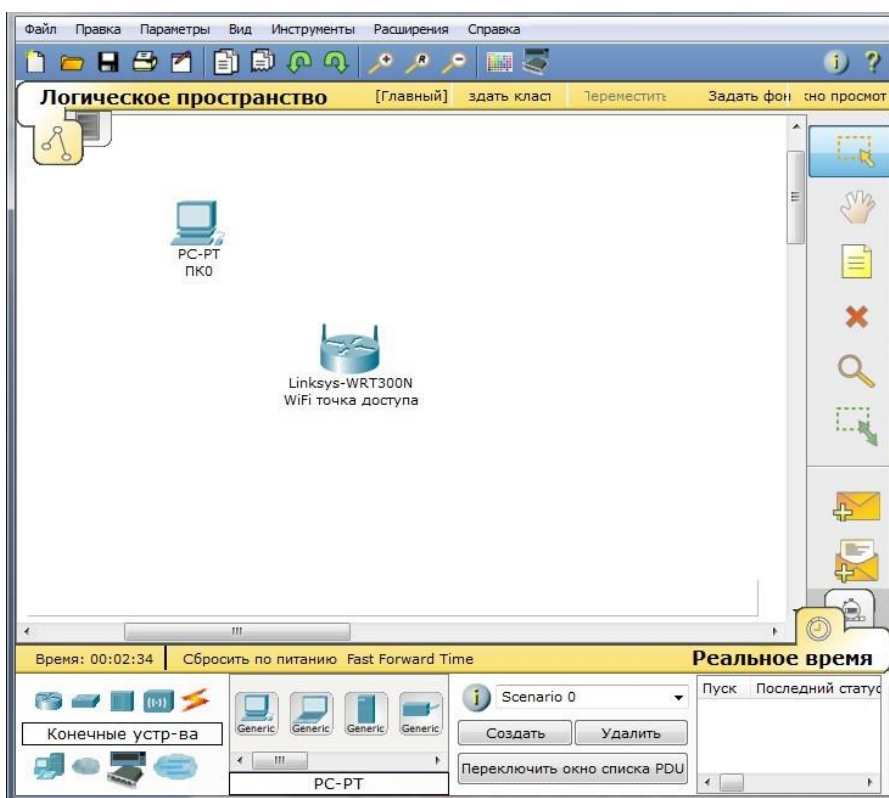
1.1 Построить беспроводную сеть Wi-Fi с топологией «Звезда», состоящую из точки доступа и 4-х абонентских устройств, для чего:

– в центр поля программы «Логическое пространство» переместить из поля устройств, размещенном в нижней левой области окна программы, иконку беспроводного маршрутизатора и переименовать его Wi-Fi точка доступа;



– на поле программы «Логическое пространство» переместить

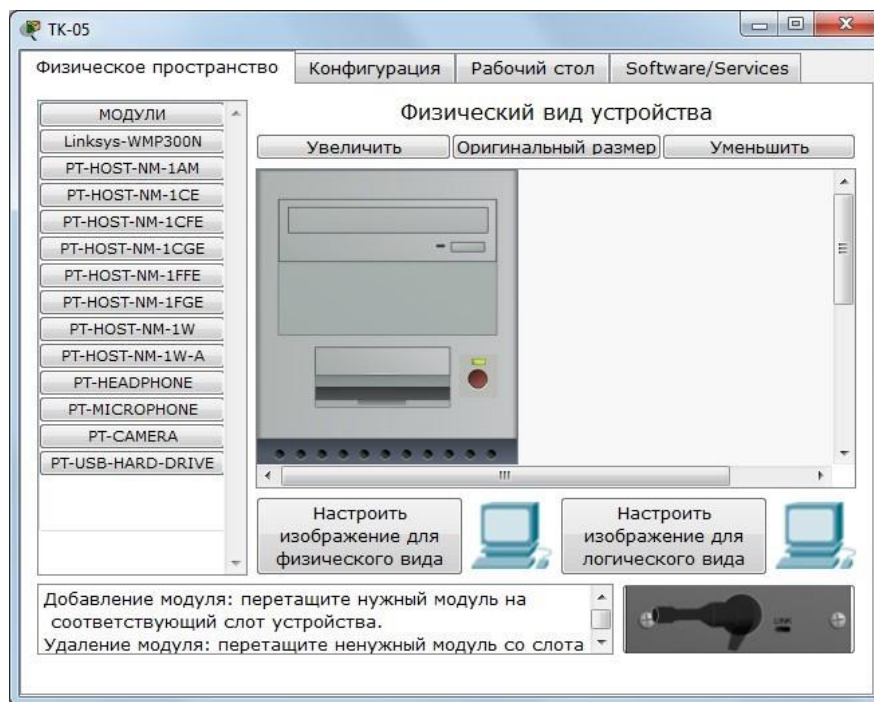
из поля устройств 4 иконки компьютеров;



– переименовать компьютеры ТК-01...04 соответственно.

Провести физическую настройку элементов сети (компьютеров и Wi-Fi-точки доступа), для чего необходимо:

а) двойным щелчком по иконке компьютера, в диалоговом окне открыть вкладку «Физическое пространство» компьютера.



Модуль Linksys-WMP300N (иконка модуля по умолчанию находится в нижнем правом углу вкладки);

– после замены включить компьютер;

б) проделать аналогичные процедуры с оставшимися компьютерами.

В результате на поле программы «Логическое пространство» получим сеть следующего вида



1.2 В сформированную сеть добавить:

– маршрутизатор (Router Generic);

для чего на поле программы, аналогично п.п. 1.1, перетащить иконки соответствующего элемента сети.



1.3 Осуществить соединение Wi-Fi точки доступа с маршрутизатором и последующим выходом в интернет.

Для организации проводного соединения точки доступа и роутера необходимо провести физическую настройку маршрутизатора для чего:

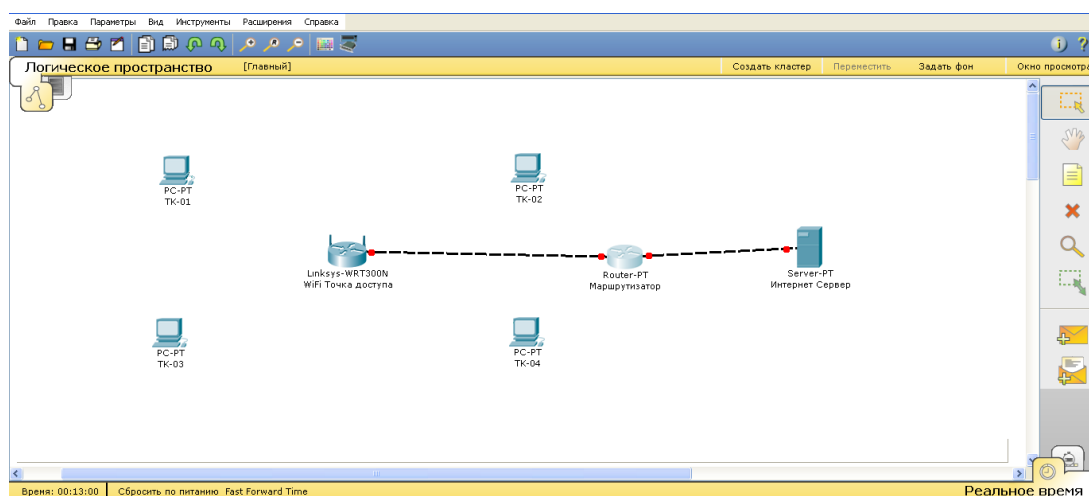
- выключив питание маршрутизатора, установить 2 порта Fastethernet, перетавив модули PT-Router-NM-1CFE на соответствующий слот устройства;

- включить питание устройства.

Далее соединить Wi-Fi точку доступа и роутер кабелем. Для этого в поле устройств, нажав на иконку ⚡, выбрать автоматический тип соединения и соединить вышеуказанные устройства.

После выставить на поле программы сервер и переименовать его «Интернет сервер». Провести процедуру замены порта на FastEthernet. Аналогично, описанной выше методике, соединить сервер с маршрутизатором.

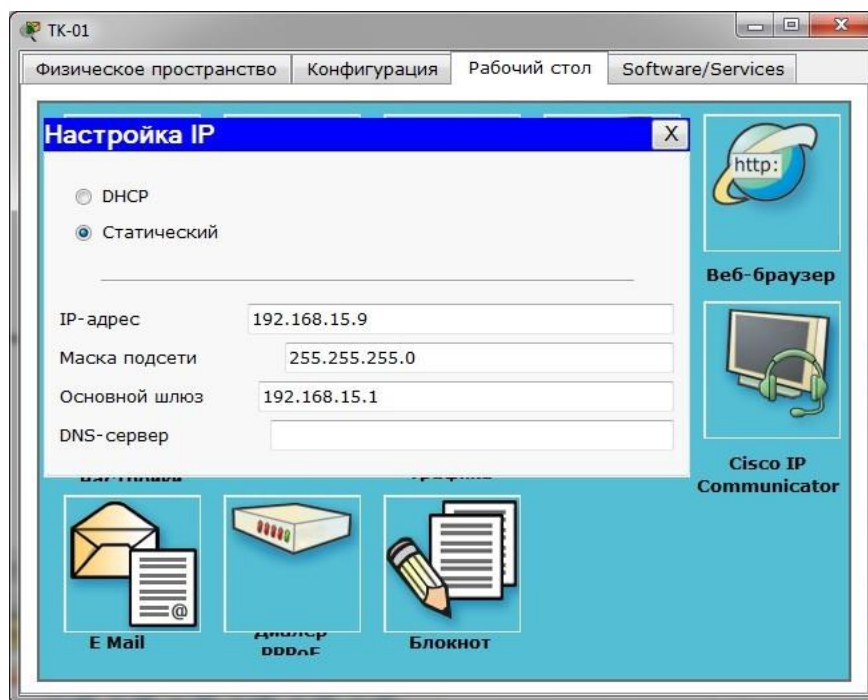
В результате должна получиться сеть следующего вида:



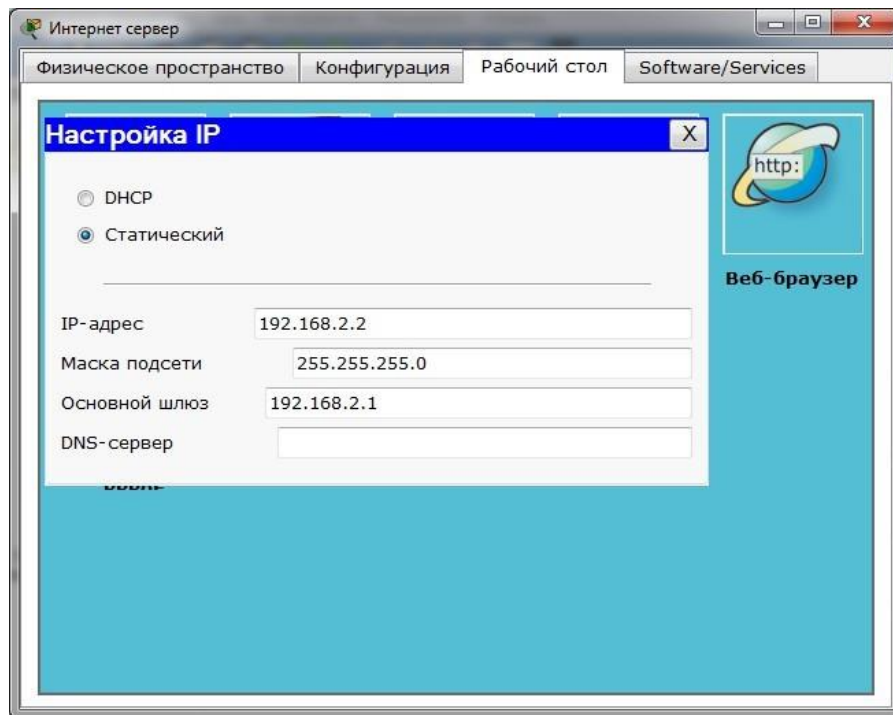
1.4 Провести настройку IP адресации.

Необходимо присвоить статические IP адреса всем компьютерам. Для чего:

- щелкнуть кнопкой мыши на компьютер;
- перейти во вкладку «Рабочий стол»;
- назначить статический IP адрес;
- IP адрес задать в формате 192.168.15.9 (сеть делается с шагом 8).

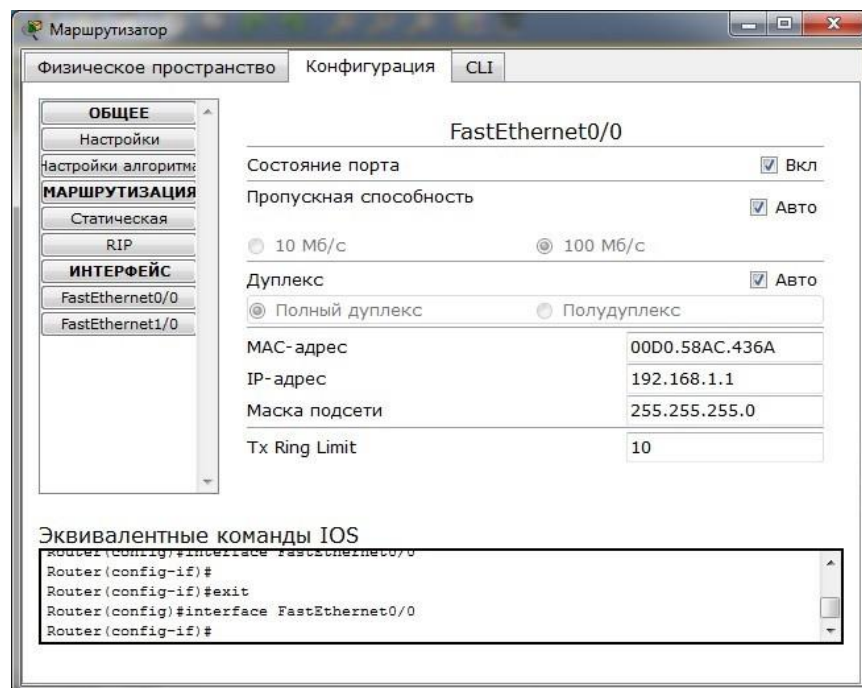


Так же задать IP адрес сервера

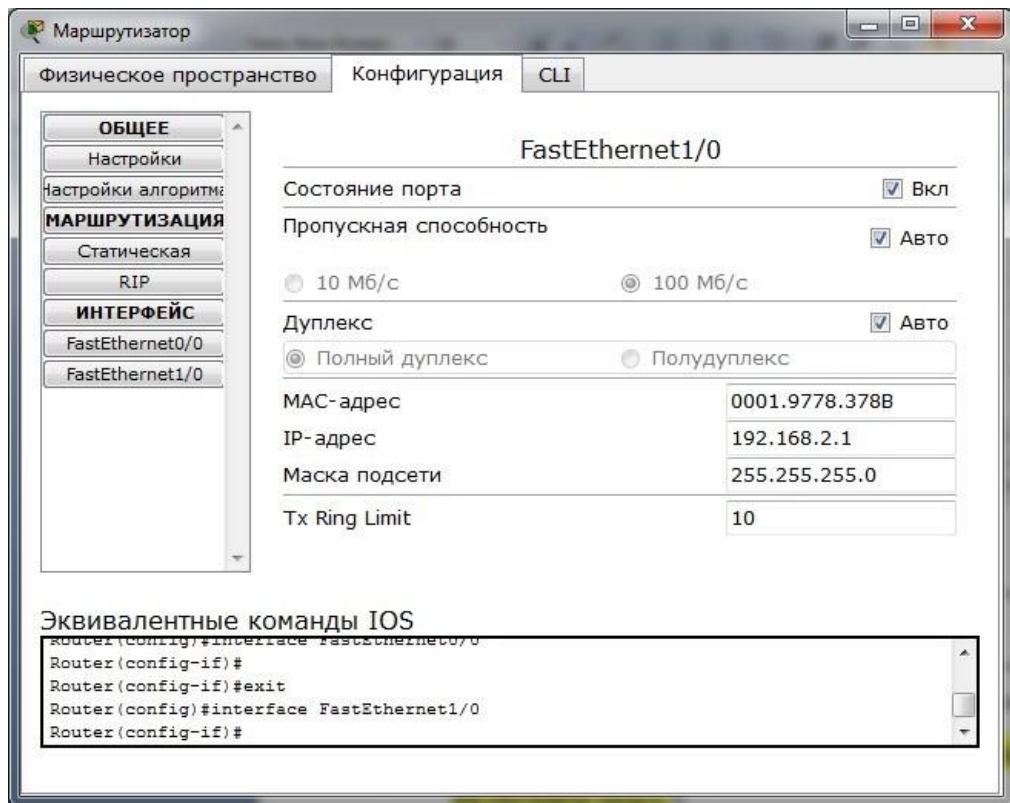


Задать IP адреса портов на портах маршрутизатора:

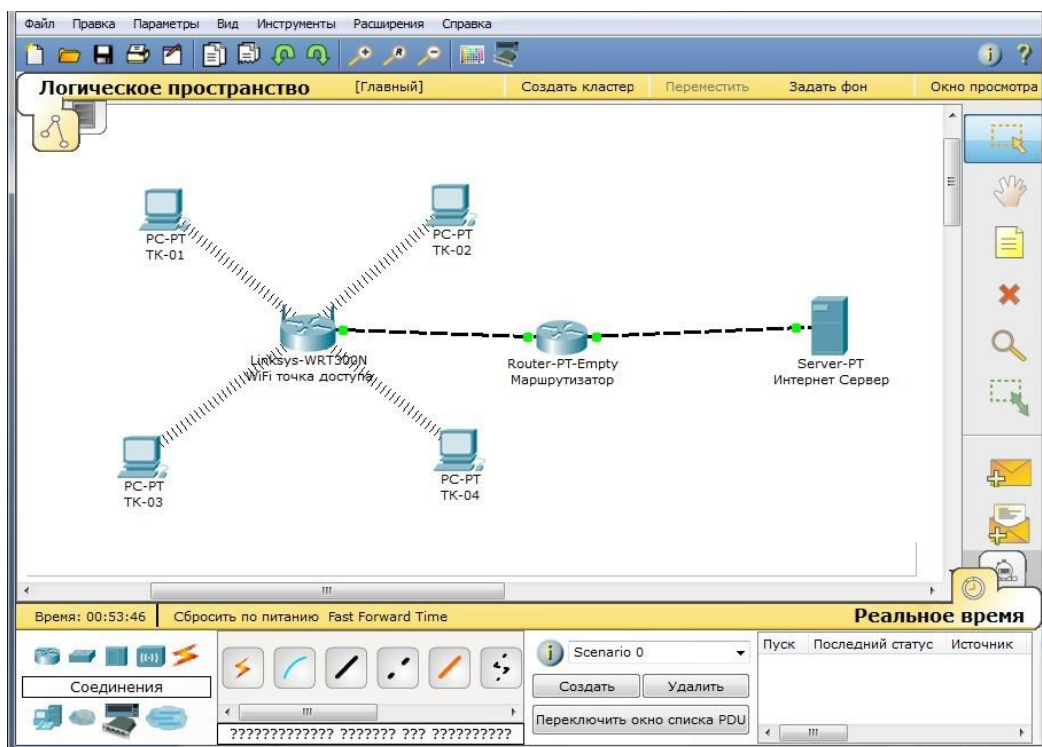
- щелкнуть кнопкой мыши на маршрутизатор;
- перейти во вкладку «Конфигурация»;
- выбрать порт FastEthernet 0/0;
- назначить статический IP и включить порт.



- выбрать порт FastEthernet 1/0 и назначить статический IP-адрес. Включить порт.



В результате в поле программы «Логическое пространство» получим сеть следующего вида:



1.5 Убедившись, что все порты включены, IP адреса настро-

ены верно, проверить работоспособность сети.

1 вариант:

- достижимость ТК -01 – ТК -03;
- достижимость маршрутизатор – интернет сервер.

2 вариант:

- достижимость ТК-02 – ТК-04
- достижимость WiFi точка доступа – маршрутизатор

3 вариант:

- достижимость ТК-03 – ТК-02
- достижимость интернет сервер- маршрутизатор

4 вариант:

- достижимость ТК 04 – ТК-01
- достижимость ТК-03 – ТК-04

Для проверки необходимо в правой области окна программы выбрать иконку  и щелкнуть на необходимые элементы сети в соответствующей последовательности.

Результаты отобразить в виде таблицы, находящейся в нижней правой области программы.

Пуск	Последний статус	Источник	Назначение	Тип	Цвет	Время (сек)
	Успешно	ТК-01	ТК-02	ICMP		0.000
	Успешно	ТК-01	ТК-02	ICMP		0.000

2. Определить оптимальные места размещения беспроводных точек доступа в заданном помещении с учетом особенностей распространения радиосигнала и наличия препятствий, используя программное обеспечение Wi-Fi Planner Pro.

Wi-Fi Planner Pro – это специализированное программное обеспечение для проектирования и анализа беспроводных сетей Wi-Fi. Программа предоставляет инструменты для моделирования распространения радиоволн в помещении, определения зон покрытия, оптимизации размещения точек доступа (AP) и анализа производительности сети.

Основные функции и возможности Wi-Fi Planner Pro:

– *Моделирование среды:* Программа позволяет создать модель помещения, включая стены, перегородки, мебель, двери и другие объекты, влияющие на распространение радиосигнала. Важно правильно определить материалы, из которых построены эти объекты,

так как различные материалы по-разному влияют на прохождение радиоволн. Программа обычно предоставляет базу данных материалов с соответствующими характеристиками, или возможность добавления пользовательских материалов с определенными значениями поглощения и отражения. Это позволяет получить точную имитацию реальных условий.

- *Размещение точек доступа:* Пользователь может размещать точки доступа в виртуальном пространстве моделируемого помещения и изменять их параметры.

- *Визуализация зоны покрытия:* Wi-Fi Planner Pro отображает зону покрытия Wi-Fi сети с различными уровнями сигнала и визуальными индикаторами качества связи.

- *Анализ и оптимизация:* Программа предоставляет инструменты для анализа и оптимизации размещения точек доступа. Можно сравнивать разные варианты расположения, оценивать уровень сигнала и качество связи в различных точках помещения. На основе полученных данных можно выбрать оптимальную конфигурацию беспроводной сети, минимизируя «мертвые зоны» и улучшая качество сигнала.

- *Экспорт данных:* Программа может экспортировать данные о зоне покрытия, уровне сигнала, и другие результаты моделирования в различных форматах, что позволяет использовать их для дальнейшего анализа или проектирования.

Преимущества использования Wi-Fi Planner Pro:

- *Визуализация:* Визуальные представления зоны покрытия помогают легко идентифицировать проблемные области и оптимальные места расположения точек доступа.

- *Эффективность:* Моделирование в Wi-Fi Planner Pro позволяет выявить потенциальные проблемы с покрытием до физического развертывания сети, что экономит время и ресурсы.

- *Точность:* Программное обеспечение позволяет учитывать влияние различных препятствий на распространение сигнала, что способствует более точному планированию сети.

Недостатки:

- *Точность моделирования зависит от точности исходных данных:* Используемые справочные данные по поглощению радиоволн в различных материалах могут быть приблизительными, что вносит погрешность в моделирование.

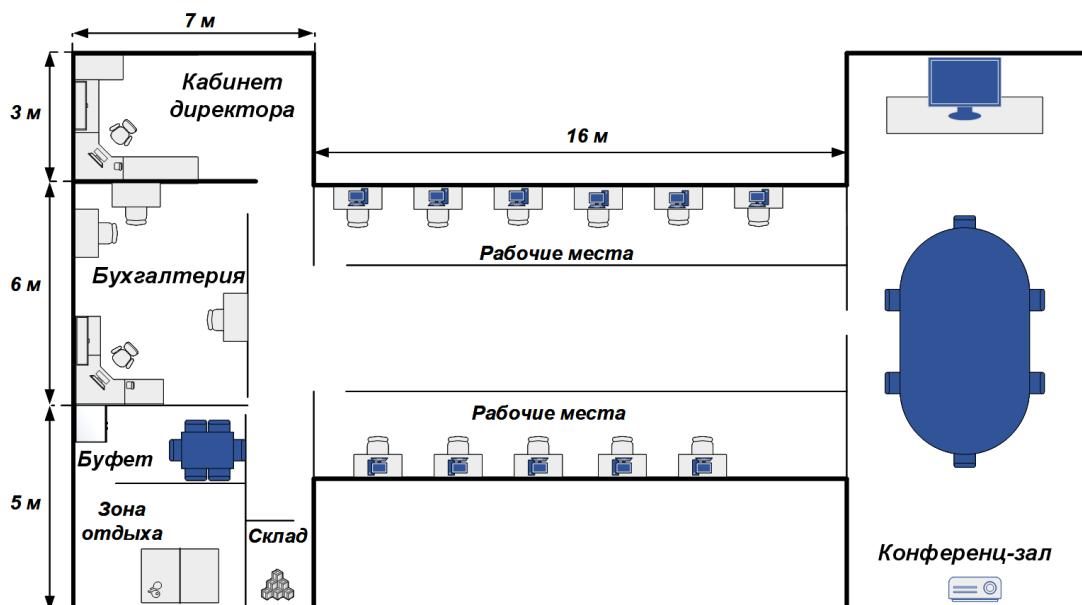
- *Моделирование не учитывает все факторы:* Программа не

может учесть все факторы, влияющие на распространение Wi-Fi сигнала (например, посторонние электромагнитные помехи, сложность архитектуры помещения, и т.д.).

2.1 Создать в Wi-Fi Planner Pro модель помещения, включая все значимые препятствия (стены, перегородки, мебель) для этого:

- создать проект, указав «имя проекта» по первым двум буквам фамилии и имени студента(ов) с указанием варианта (например, Иванов Иван – имя проекта «ИвИв1»)

- добавить план этажа помещения «имя плана» по первым двум буквам имени и фамилии студента(ов) с указанием варианта (например, Петров Сергей – имя плана «СеПе1»)



- используя операцию «масштабировать карту», указать размеры помещений здания; обозначить зоны покрытия Wi-Fi.

- указать препятствия: внешние стены - кирпичная кладка, внутренние стены - гипсокартонные перегородки, световая дверь, тонкие окна.

2.2 С помощью команды «advisor» провести анализ автоматического размещения точек доступа для диапазонов 2,4 ГГц и 5 ГГц (минимальная мощность сигнала -70 дБм). Для каждого варианта размещения точек доступа проанализировать зону покрытия беспроводной сети, визуализируемую программой.

2.3 Оценить наличие «мертвых зон» с неудовлетворительным уровнем сигнала. На основе полученных данных о покрытии и

уровне сигнала в различных точках пространства определить каналы использования в каждой зоне.

2.4 На основе анализа результатов, полученных на предыдущих этапах, самостоятельно определить оптимальное расположение точек доступа с помощью функции «Add AP», обеспечивающее наилучшее покрытие помещения с минимальным количеством «мертвых зон» (выбор устройства провести на основании таблицы 1). Обоснуйте свой выбор.

Таблица 1 – Сопоставление точек доступа выбранному варианту

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
DWL-X8630AP (Omni)	DWL-6610AP (Omni)	DBA-X2830P (Omni)	DAP-2680 (Omni)	DWL-7620AP (Omni)

Содержание отчета

1) Титульный лист с названием лабораторной работы, номером варианта, фамилиями студентов и группы.

2) Краткое описание цели и задач работы.

3) Результаты, полученные в п.п. 3.1-3.5 задания на лабораторную работу.

– построение беспроводной сети Wi-Fi с использованием программного пакета Cisco Packet Tracer;

– описание физической настройки элементов сети;

– соединение Wi-Fi точки доступа с маршрутизатором;

– скриншоты настройки IP адресации;

– результаты работоспособности сети.

4) Результаты, полученные в п.п. 4.1-4.4 задания на лабораторную работу.

– описание используемой модели помещения, включая размеры, материалы стен и перегородок, расположение мебели и других препятствий.

– таблицу с параметрами используемых материалов и их коэффициентами ослабления сигнала.

– скриншоты моделей помещения с различными вариантами размещения точек доступа и соответствующие карты покрытия.

– анализ полученных результатов и обоснование выбора оптимального варианта размещения точек доступа.

5) Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое беспроводная локальная сеть (WLAN)? Каковы преимущества использования WLAN вместо проводной локальной сети?
2. Что такое точка доступа? Сколько пользователей одновременно поддерживает одна точка доступа и почему?
3. Какие алгоритмы шифрования используются в стандарте IEEE 802.11. Какой алгоритм шифрования данных в локальной сети является обязательным для стандарта IEEE 802.11
4. Для чего использует модифицированный протокол Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA),
5. В чем заключается технология расширения спектра методом прямой последовательности (DSSS).
6. В чем заключается технология расширения спектра методом скачкообразной перестройки частоты (FHSS)
7. Особенности локальной сети, построенной по топологии Ad Hoc, IBSS (Independent Basic Service Set) или режим Peer to Peer.
8. Особенности локальной сети, построенной по топологии BSS (Basic Service Set)
9. Особенности локальной сети, построенной по топологии ESS (Extended Service Set)
10. Опишите основные функции и возможности программы Wi-Fi Planner Pro, которые использовались в данной работе.
11. Опишите основные принципы распространения радиоволн в замкнутом пространстве. Какие факторы влияют на ослабление сигнала?
12. Объясните понятие «мертвая зона» в беспроводной сети. Какие причины приводят к образованию мертвых зон?
13. Что такое каналы связи в беспроводных сетях Wi-Fi? Как правильно выбирать каналы для минимизации помех?
14. Как изменится зона покрытия, если изменить мощность передатчика точки доступа?

Библиографический список

1. Защита информации в системах беспроводной передачи: лабораторный практикум / Р. А. Филиппов, А. П. Горлов, Л. Б. Филиппова [и др.]. – Москва: Директ-Медиа, 2020. – 70 с.
2. Князев, А. А. Особенности работы сетевых устройств беспроводного доступа стандарта IEEE 802.11ax в условиях сложной электромагнитной обстановки / А. А. Князев, А. А. Чуев, А. Н. Кондратьев // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 13-17.
3. Заргарян, Ю. А. Современные технологии беспроводных сетей / Ю. А. Заргарян, Е. В. Заргарян. – Ростов-на-Дону: Директ-Сайнс, 2023. – 135 с.
4. Дибров, М. В. Сети и телекоммуникации. Маршрутизация в IP-сетях: Учебник и практикум / М. В. Дибров. – 2-е изд., пер. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 423 с.