

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы специалитета
по специальности
23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Стандарты и технологии беспроводной связи для высокоскоростного
железнодорожного транспорта**

Специальность: 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Специализация: Радиотехнические системы на железнодорожном транспорте

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 2017
Подписал: заместитель руководителя Ефимова Ольга
Владимировна
Дата: 20.06.2024

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью изучения учебной дисциплины является:

- получение знаний о современных стандартах беспроводной связи и их применении на высокоскоростном железнодорожном транспорте;
- овладение методами и приемами проектирования, развертывания, пуско-наладки, обслуживания и применения систем мобильной связи и транкинговых и сенсорных сетей;
- формирование компетенций в области модельно-ориентированного проектирования аппаратуры, применяемой в современных беспроводных системах связи.

Задачами дисциплины являются:

- формирование у обучающихся теоретической и практической базы в области применения стандартов беспроводной связи, используемых для нужд высокоскоростного железнодорожного транспорта;
- получение практических навыков по проектированию систем мобильной связи, их техническому обслуживанию и ремонту;
- изучение принципов и подходов к выполнению компьютерного моделирования радиотехнических систем на высокоскоростных железнодорожных линиях.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-12 - Способен применять современные стандарты связи FRMCS, DMR для организации систем связи с подвижными объектами на железнодорожном транспорте;

ПК-13 - Способен проектировать и обслуживать мобильные системы связи на высокоскоростном железнодорожном транспорте;

ПК-15 - Способен применять в практической деятельности пакеты прикладных программ для моделирования радиотехнических систем и беспроводных сетей связи.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- основные особенности стандартов беспроводной связи, определяющие область их применения при решении задач создания / развертывания

функциональных модулей систем управления движением поездов, диагностики и мониторинга состояния инфраструктуры высокоскоростных железнодорожных линий;

- основные особенности стандартов беспроводной связи, определяющие область их применения при решении задач создания / развертывания функциональных модулей систем управления движением поездов, диагностики и мониторинга состояния инфраструктуры высокоскоростных железнодорожных линий;

- основные принципы и подходы к выполнению проектирования и обслуживания оборудования, входящего в состав мобильных систем связи для высокоскоростного железнодорожного транспорта;

- основные принципы и подходы к выполнению проектирования и обслуживания оборудования, входящего в состав мобильных систем связи для высокоскоростного железнодорожного транспорта;

- основные прикладные программы для выполнения моделирования систем беспроводной связи железнодорожного транспорта.

- основные прикладные программы для выполнения моделирования систем беспроводной связи железнодорожного транспорта.

Уметь:

- применять основные стандарты беспроводной связи для решения задач на высокоскоростном железнодорожном транспорте;

- осуществлять проектирование и обслуживание оборудования беспроводной связи высокоскоростного железнодорожного транспорта;

- использовать для нужд разработки, модернизации, проектирования и организации технического обслуживания оборудования беспроводных сетей связи компьютерное моделирование с использованием прикладного программного обеспечения.

Владеть:

- навыками применения современных стандартов связи для организации систем связи с подвижными объектами на железнодорожном транспорте;

- методами разработки, проектирования и внедрение перспективных технических средств в составе инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта;

- методами компьютерного моделирования беспроводных сетей связи.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №8
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	70	70
В том числе:		
Занятия лекционного типа	14	14
Занятия семинарского типа	56	56

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 74 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Общие сведения о задачах, при решении которых возможно использование беспроводной связи на высокоскоростном железнодорожном транспорте. Рассматриваемые вопросы: - Интервального и оперативного регулирования движения поездов с использованием беспроводных технологий; - Мониторинг технического состояния тягового и нетягового подвижного состава, в т.ч. в пути следования с использованием беспроводных технологий; - Применение систем беспроводной связи для контроля нахождения обслуживающего персонала в опасной зоне.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
2	Основы мобильной связи. Стандарты и сотовые сети GSM и CDMA. Рассматриваемые вопросы: - История развития и поколения сотовой связи; - Множественный доступ; - Цифровые сигналы и их характеристики; - Основные проблемы передачи сигналов (затухание, теневые зоны, многолучевое распространение сигналов, замирание сигнала, временные задержки); - Методы борьбы с нежелательными воздействиями на сигнал; - Сотовые сети стандарта; - Общие вопросы организации сотовых сетей (GSM, W-CDMA, LTE); - Стандарты GSM и планирование сетей GSM; - Элементы сетей GSM; - Каналы в GSM; - Обработка радиосигналов в GSM; - Сотовые сети стандарта CDMA.
3	Системы мобильной связи поколений 3G и 4G. Рассматриваемые вопросы: - Технологии поколения 2,5G+; - GPRS, EDGE; - Системы IMT-2000 (CDMA2000, UMTS); - Сравнение стандартов LTE и WiMax; - Технология 4G (OFDMA, MIMO); - Структура сети стандарта WiMax; - Организация сетей LTE; - Технология LTE-M; - Технология NB-IoT; - Сети 5G.
4	Транкинговые сети и их стандарты. Рассматриваемые вопросы: - Классификация транкинговых сетей; - Однозоновая и многозоновая транкинговая систем; - Обзор стандартов транкинговой связи TETRA и APCO 25; - Система Tetrapol; - Сравнительный анализ методов транкинговой связи TETRA и APCO 25; - Стандарт DMR.
5	Организация беспроводных локальных сетей. Стандарты Wi-Fi. Рассматриваемые вопросы: - Типовое оборудование, применяемое для организации беспроводных локальных сетей по стандартам Wi-Fi; - Основные характеристики применяемых антенн; - Классификация антенн; - Обзор стандарта IEEE 802.11; - Подключение клиента к беспроводной сети; - Обеспечение безопасности передачи данных в беспроводных сетях; - Физический уровень стандарта IEEE 802.11; - Вопросы проектирования и развертывания беспроводных сетей.
6	Беспроводные сенсорные сети. Рассматриваемые вопросы: - Виды беспроводных сенсорных сетей; - Алгоритмы выбора головного узла беспроводных сенсорных сетей; - Кластеризация беспроводных сенсорных сетей;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Алгоритмы маршрутизации; - Протокол ZigBee (IEEE 802.15.4); - Bluetooth. Технология Bluetooth LE; - Piconet. Scatternet; - Стандарт 6LoWPAN; - Протокол HART; - Протокол ISA 100.11a.
7	Вопросы обеспечения качественных показателей беспроводной связи. Перспективы применения. Рассматриваемые вопросы: - Постановка задачи обеспечения качественных показателей в сетях сотовой мобильной связи; - Система показателей качества; - Методики оценки качества в сетях мобильной связи; - Перспективы применения стандартов беспроводной связи на высокоскоростных железнодорожных магистралях.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Моделирование простейших сетей в среде OMNeT++. Рассматриваемые вопросы: - Знакомство с фреймворками OMNeT++; - Моделирование простейших топологий сетей; - Просмотр и обработка результатов моделирования.
2	Моделирование простейших беспроводных сетей. Рассматриваемые вопросы: - Построение модели из двух узлов, связанных радиоканалом для передачи UDP-датаграмм; - Запуск и анализ работы модели при изменении среднего времени между сообщениями; - Определение таблицы маршрутизации в каждом из узлов; - Построение временных диаграмм.
3	Простейшая маршрутизация между узлами беспроводной сети. Рассматриваемые вопросы: - Построение модели нескольких беспроводных узлов сети с ограниченным диапазоном радиосвязи; - Настройка статической маршрутизации; - Учет взаимных помех беспроводных узлов друг на друга.
4	Моделирование протокола доступа к среде передачи данных в беспроводных сетях. Рассматриваемые вопросы: - Анализ уровня доступа к среде стандарта IEEE 802.11; - Использование CSMA/CA в моделях фреймворка INET; - Использование CSMA/CA с подтверждениями.
5	Моделирование энергопотребления и мобильности узлов беспроводных сетей. Рассматриваемые вопросы: - Учет энергопотребления узлами сети в моделях на базе фреймворка INET; - Настройка перемещения узлов.
6	Динамическая маршрутизация в мобильных беспроводных сетях. Рассматриваемые вопросы: - Беспроводные мобильные Ad Hoc сети;

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	- Протокол маршрутизации AODV; - Модель сети с AODV маршрутизацией; - Маршрутизация в MANET при ограничениях на радиосвязь.
7	Исследование моделей формирования и распространения сигналов. Рассматриваемые вопросы: - Методы модуляции несущей; - Реалистичные модели среды распространения сигналов; - Модели распространения радиоволн; - Учет коэффициента усиления антенны.
8	Работа Wi-Fi сетей в режиме централизованной координации. Рассматриваемые вопросы: - Подключение клиентов к точкам доступа; - Использование роутера в режиме повторителя; - Модель инфраструктурного режима работы Wi-Fi-сети; - Исследование инфраструктурного режима работы Wi-Fi-сети.
9	Моделирование работы беспроводных сетей ZigBee и стандарта IEEE 802.15.4. Рассматриваемые вопросы: - Моделирование сетей стандарта IEEE 802.15.4 в INET.
10	Изучение влияния скорости передачи на производительность и дальность действия сети. Рассматриваемые вопросы: - Оценка производительности беспроводной сети; - Оценка зависимости скорости передачи от дальности действия сети; - Применение антенны с высоким коэффициентом усиления.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Преобразование единиц измерения в беспроводных сетях. Рассматриваемые вопросы: - Перевод значений из одних единиц измерения в другие (мВт в дБм, дБм в мВт); - Решение задач на определение мощности передатчика.
2	Расчет беспроводной линии связи. Рассматриваемые вопросы: - Решение задач, направленных на оценку пригодности линии связи для выявления возможных проблем в ходе установки беспроводного оборудования.
3	Моделирование каналов связи. Рассматриваемые вопросы: - Модель цифрового канала связи; - Модели физических каналов.
4	Моделирование сигналов в каналах передачи информации. Рассматриваемые вопросы: - Представление полосовых сигналов; - Комплексная огибающая и векторное представление сигнала; - Квадратурный модулятор; - Межсимвольная интерференция; - Фильтр Найквиста; - Моделирование спектра QPSK-сигнала с использованием фильтров Найквиста; - Модуляция $\pi/4$DQPSK; - Ортогональная модуляция. Ортогональное частотное мультиплексирование данных (OFDM).

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
5	Моделирование сигналов со множественным доступом. Рассматриваемые вопросы: - Множественный доступ с частотным разделением; - Множественный доступ с временным разделением; - Множественный доступ с кодовым разделением; - Множественный доступ с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDMA).
6	Моделирование сигналов с расширением спектра. Рассматриваемые вопросы: - Псевдослучайные последовательности и их свойства; - Линейные последовательности максимальной длины; - Последовательности Голда; - Последовательности Касами.
7	Моделирование пространственно-временного кодирования. Рассматриваемые вопросы: - Канал передачи данных для систем MIMO 2x2; - Методы оценки сообщения по принимаемому сигналу.
8	Моделирование систем мобильной связи и систем спутниковой связи. Рассматриваемые вопросы: - Моделирование систем мобильной связи; - Спутниковые системы связи с использованием геостационарных ретрансляторов; - Спутниковые системы связи с использованием негеостационарных ретрансляторов.
9	Создание беспроводной сети в инфраструктурном режиме. Рассматриваемые вопросы: - Установка драйверов для беспроводных сетевых адаптеров; - Настройка точки доступа в режиме Access Point; - Мониторинг беспроводной сети с использованием прикладного программного обеспечения; - Настройка точек доступа в режиме Wireless Client; - Настройка доступа в режиме AP Repeater.
10	Объединение инфраструктурных BSS с единым SSID через распределительную систему. Рассматриваемые вопросы: - Изменение IP-адреса управления точек доступа; - Настройка точек доступа; - Проверка работоспособности схемы.
11	Исследование кадров MAC стандарта IEEE 802.11. Изучение активного и пассивного сканирования. Рассматриваемые вопросы: - Захват трафика с помощью сетевого анализатора; - Анализ кадров MAC стандарта IEEE 802.11; - Настройка точки доступа; - Захват трафика с помощью сетевого анализатора; - Просмотр кадров пробного запроса; - Просмотр кадров пробного ответа.
12	Обеспечение безопасности в беспроводных сетях. Рассматриваемые вопросы: - Настройка режимов WPA/WPA2-Personal; - Контроль доступа к беспроводной сети на основе MAC-адресов.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Работа со справочной и специальной литературой.
2	Подготовка к практическим занятиям.
3	Подготовка к лабораторным работам.
4	Работа с лекционным материалом.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Журавлев, А. Е. Инфокоммуникационные системы. Аппаратное обеспечение : учебник для вузов / А. Е. Журавлев, А. В. Макшанов, А. В. Иванищев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — ISBN 978-5-8114-8514-7.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/176657 (дата обращения: 03.05.2024).
2	Буснюк, Н. Н. Системы мобильной связи / Н. Н. Буснюк, Г. И. Мельянец. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — ISBN 978-5-507-46238-4	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/302873 (дата обращения: 03.05.2024).
3	Обухов, А. Д. Техничко-технологические основы эксплуатации оперативно-технологической связи железных дорог / А. Д. Обухов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — ISBN 978-5-507-47030-3.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/320789 (дата обращения: 03.05.2024).
4	Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi : учебное пособие / Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, Е. А. Ромашкина [и др.] ; под общей редакцией А. В. Пролетарского. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 446 с. — ISBN 978-5-7038-4620-9.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106534 (дата обращения: 03.05.2024).
5	Хабаров, С. П. Основы моделирования беспроводных сетей. Среда OMNeT++ : учебное пособие / С. П. Хабаров. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-3658-3.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/206681 (дата обращения: 03.05.2024).

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru);

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>);

Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам;

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>);

Электронно-библиотечная система «Intermedia» (<http://www.intermediapublishing.ru/>);

Электронно-библиотечная система «BOOK.ru» (<http://www.book.ru/>);

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» – <http://www.znanium.com/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Программное обеспечение для выполнения практических заданий и лабораторных работ включает в себя свободно распространяемое прикладное программное обеспечение в среде OMNeT++, а также программные продукты общего применения.

Программное обеспечение для проведения лекций, демонстрации презентаций, ведения интерактивных занятий, оформления отчетов и иной документации: Microsoft Office 2003 и выше, Adobe Acrobat Reader, LibreOffice, OpenOffice.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Для проведения аудиторных занятий и самостоятельной работы требуется:

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сети INTERNET.

2. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

3. Компьютерный класс. Рабочие места студентов в компьютерном классе, подключённые к сети INTERNET

4. Для проведения практических занятий: компьютерный класс; компьютеры.

Технические требования к оборудованию для осуществления учебного процесса с использованием дистанционных образовательных технологий:

колонки, наушники или встроенный динамик (для участия в аудиоконференции);

микрофон или гарнитура (для участия в аудиоконференции);

веб-камеры (для участия в видеоконференции);

для ведущего: компьютер с процессором Intel Core 2 Duo от 2 ГГц (или аналог) и выше, от 2 Гб свободной оперативной памяти.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 8 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

ассистент кафедры «Автоматика,
телемеханика и связь на
железнодорожном транспорте»

В.С. Кузьмин

Согласовано:

Директор

О.Н. Покусаев

О.В. Ефимова

Заместитель руководителя

О.В. Ефимова

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов