

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

В.А. Громов
Д.А. Садов

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Методические указания по выполнению практических работ для
обучающихся технических направлений подготовки и специальностей

Томск
2026

УДК 621.396.67
ББК 32.95
Г 874

Рецензент:

Христенко А.В., руководитель системной группы ДСВЧЭ АО «НПФ «Микран»

Громов, Вячеслав Александрович

Г 874 Радиотехнические системы мониторинга: методические указания по выполнению практических работ для обучающихся технических направлений подготовки и специальностей / В.А. Громов, Д.А. Садов. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2026. – 12 с.

Настоящие методические указания составлены с учетом требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, основных профессиональных образовательных программ для обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям.

Методические указания содержат информацию о материально-техническом обеспечении практических занятий, перечень заданий для практических занятий, краткие указания по выполнению заданий, указания по сдаче и приему результатов выполнения заданий. Предназначены для обучающихся и преподавателей по дисциплине «Радиотехнические системы мониторинга».

Авторами данных методических указаний являются преподаватель кафедры радиотехнических систем В.А. Громов и сотрудник профильного предприятия, ведущий инженер системной группы ДСВЧЭ АО «НПФ» Микран», г. Томск, Д.А. Садов.

Одобрено на заседании каф. РТС протокол № 8 от 11.06.2026 г.

УДК 621.396.67
ББК 32.95

© Громов В.А., Садов Д.А. 2026
© Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2026

Содержание

Введение.....	4
1 Материально-техническое обеспечение практических занятий.....	5
2 Прием результатов выполнения практических заданий.....	6
3 Задания для практических занятий.....	7
4 Вопросы для самоконтроля	10
Заключение	11
Список литературы	12

Введение

Целью дисциплины «Радиотехнические системы мониторинга» является формирование знаний основных понятий и принципов функционирования радиотехнических систем мониторинга источников радиоизлучения, ознакомление с оборудованием систем радиомониторинга, освоение методов и инструментов для оценивания параметров сигнала источников радиоизлучения и их местоположения.

На практических занятиях обучающийся овладевает навыками работы в прикладных программах математического моделирования для задач оценки параметров сигнала источников радиоизлучения и их местоположения, закрепляет знания, полученные в лекционной части дисциплины.

Практические работы выполняются во время аудиторных занятий индивидуально под контролем со стороны преподавателя. Преподаватель ведет практические работы и осуществляет консультирование обучающихся. Если обучающейся не удается выполнить практическую работу в аудиторное время, то ему следует доделать задание во внеаудиторное время в часы самостоятельной работы.

На первом практическом занятии обучающиеся должны изучить инструкцию по охране труда. Преподаватель должен убедиться в знании инструкции, задавая обучающемуся вопросы по ее содержанию, после чего сделать соответствующую запись в журнале охраны труда.

Во время практических занятий обучающимся запрещается передавать друг другу файлы и другие материалы, являющиеся результатом выполнения заданий. Обучающийся имеет право просить консультации у преподавателя, если он в текущий момент не распределяет задания, не принимает выполненные работы и не консультирует другого обучающегося.

Преподаватель, давая консультацию обучающемуся, указывает раздел технической документации или методической литературы, в которой имеется ответ на вопрос обучающегося. Если необходимые сведения в документации и литературе отсутствуют, то преподаватель должен дать устные пояснения или продемонстрировать практические действия, приводящие к требуемому результату, с последующим повторением обучающимся. Консультации, выдача практических заданий и прием результатов выполнения осуществляется во время аудиторных занятий либо через электронную информационно-образовательную среду. Задания выполняются последовательно. Правильное выполнение некоторых заданий возможно только, если обучающийся корректно выполнил предыдущие задания. Поэтому приступать к следующему заданию обучающийся может, только сдав преподавателю результат выполнения предыдущего.

1 Материально-техническое обеспечение практических занятий

Для проведения занятий практического типа необходима учебная аудитория со следующим оборудованием и программным обеспечением:

- Персональные компьютеры с выходом в Интернет (для преподавателя и студентов);
- Программное обеспечение: Microsoft Windows / Linux / Android, MATLAB / Scilab / Octave, Microsoft Office, Яндекс браузер или их аналоги.
- Анализатор спектра (например, Agilent N9000A 3 кГц-7.5 ГГц), антенны на несколько диапазонов частот (например, 80-120 МГц, 433 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 2.4 ГГц);
- Телевизор-экран / проектор и экран / доска маркерная / доска интерактивная.

Размещение и освещенность рабочих мест в учебной аудитории (лаборатории) должно удовлетворять действующим требованиям санитарных правил и норм (СанПиН).

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с нарушениями зрениями предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

2 Прием результатов выполнения практических заданий

Результаты выполнения практических заданий демонстрируются преподавателю. Во время приема выполненной работы преподаватель вправе:

- требовать у обучающегося демонстрации выполненного задания в виде отчета и размещении его в системе электронной информационно-образовательной среде (sdo.tusur.ru),
- требовать у обучающегося пояснений, относящихся к способам реализации задания.

Отчеты по практическим работам необходимо оформить по требованиям и правилам оформления работ – ОС ТУСУР 01-2021 [1].

Также результаты выполнения практических заданий могут быть приняты преподавателем через электронную информационно-образовательную среду в асинхронном режиме.

Задание считается выполненным и принимается преподавателем только в том случае, если получены все результаты, предусмотренные заданием. Если какие-то результаты, предусмотренные заданием, не получены или неверны, то задание подлежит доработке.

Обучающийся должен работать внимательно и аккуратно. Подлежат обязательному исправлению замеченные преподавателем недочеты:

- грамматические ошибки;
- небрежное оформление рисунков, графиков, структур, схем;
- неточности в описаниях, структурах, схемах.

Результаты выполнения заданий сохраняются обучающимся в электронном виде (файлы) и загружаются в электронную информационно-образовательную среду (электронный курс/журнал).

До начала промежуточной аттестации обучающийся должен сдать результаты выполнения всех практических заданий, предусмотренным настоящими указаниями. В противном случае обучающийся до аттестации не допускается.

3 Задания для практических занятий

Для изучения дисциплины «Радиотехнические системы мониторинга» используется электронный обучающий курс по технологии веб-поддержка. Курс содержит материалы для лекций, практических занятий и самостоятельной работы (пример курса: <https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=156>) [2], также используются источники из списка литературы [3, 4, 5, 6].

Тема занятия 1 – Построение графика спектра произвольного радиосигнала

Цель занятия: освоить методику построения графика спектра произвольного радиосигнала.

Теоретический материал для этого занятия приведен в тематическом разделе электронного курса.

Задание: построить график спектра произвольного радиосигнала в среде MATLAB / Scilab / Octave (либо использовать любую альтернативную среду математического моделирования / программирования).

Исходные данные: теоретический материал; указания по выполнению задания, статья «Exact Signal Measurements using FFT Analysis» [6] в тематическом разделе электронного курса.

Форма представления результата: загрузить файл с ответом в электронный курс в ответ на задание.

Тема занятия 2 – Оценка центральной частоты сигнала

Цель занятия: освоить методику оценки центральной частоты радиосигнала.

Теоретический материал для этого занятия приведен в тематическом разделе электронного курса.

Задание: оценить центральную частоту произвольного радиосигнала (с шумами) в среде MATLAB / Scilab / Octave (либо использовать любую альтернативную среду математического моделирования / программирования).

Исходные данные: материалы для изучения в тематическом разделе электронного курса.

Форма представления результата: загрузить файл с ответом в электронный курс в ответ на задание.

Тема занятия 3 – Оценка центральной частоты сигнала

Цель занятия: освоить методику оценки центральной частоты полосового радиосигнала.

Теоретический материал для этого занятия приведен в тематическом разделе электронного курса.

Задание: оценить центральную частоту полосового радиосигнала (с шумами) в среде MATLAB / Scilab / Octave (либо использовать любую альтернативную среду математического моделирования / программирования).

Исходные данные: материалы для изучения в тематическом разделе электронного курса.

Форма представления результата: загрузить файл с ответом в электронный курс в ответ на задание.

Тема занятия 4 – Способы увеличения точности оценки центральной частоты сигнала

Цель занятия: изучить на практике способы увеличения точности оценки центральной частоты сигнала.

Теоретический материал для этого занятия приведен в тематическом разделе электронного курса.

Задание: исследовать некоторые способы увеличения точности оценки центральной частоты сигнала.

Исходные данные: материал для изучения в тематическом разделе электронного

курса.

Форма представления результата: загрузить файл с ответом в электронный курс в ответ на задание.

Тема занятия 5 – Измерение параметров радиосигналов

Цель занятия: освоить методику измерения параметров радиосигналов.

Теоретический материал для этого занятия приведен в тематическом разделе электронного курса.

Задание: оценить центральную частоту и относительную мощность сигнала радиостанции FM диапазона с помощью анализатора спектра, сравнить результаты измерений с исходными данными.

Исходные данные: материал для изучения в тематическом разделе электронного курса, список радиостанций с частотами (в МГц), анализатор спектра.

Форма представления результата: загрузить файл с ответом в электронный курс в ответ на задание.

Тема занятия 6 – Оценка погрешности при использовании угломерного метода определения координат

Цель занятия: освоить методику оценки погрешности при использовании угломерного метода определения координат.

Теоретический материал для этого занятия приведен в тематическом разделе электронного курса.

Задание: оценить погрешность при использовании угломерного метода определения координат в среде MATLAB / Scilab / Octave (либо использовать любую альтернативную среду математического моделирования / программирования).

Исходные данные: материал для изучения в тематическом разделе электронного курса.

Форма представления результата: загрузить файл с ответом в электронный курс в ответ на задание.

Тема занятия 7-8 – Радиотехническая система мониторинга источников излучения

Цель занятий: ознакомление с различными радиотехническими системами мониторинга источников излучения.

Теоретический материал для этого занятия приведен в тематическом разделе электронного курса.

Задание: подготовить развернутый доклад на тему «Радиотехническая система мониторинга источников излучения», выступить с докладом на практическом занятии. Доклад с презентацией должен содержать развернутое описание:

1. Назначение системы,
2. Технические характеристики системы,
3. Состав оборудования (фото, картинки),
4. Принципа работы системы (фото, картинки, графики),
5. Методов, используемых при работе системы (картинки, схемы, графики),
6. Производитель и цена системы.

На практике студенту предоставляется 10-12 мин на выступление с докладом. После доклада дается 3 мин для ответа докладчика на вопросы слушателей и обсуждение. После представления доклада студенту необходимо загрузить презентацию доклада и материалы в электронный курс.

Исходные данные: материал для изучения в тематическом разделе электронного курса.

Форма представления результата: устный ответ на практическом занятии, загрузить файл с докладом в электронный курс в ответ на задание.

Тема занятия 9 – Оценка погрешности определения местоположения абонента на основе технологии Cell ID + Timing Advance

Цель занятия: закрепить подход к оценке местоположения и погрешности оценки местоположения абонента по технологии Cell ID + Timing Advance для системы мобильной связи.

Теоретический материал для этого занятия приведен в тематическом разделе электронного курса.

Задание: оценить местоположения абонента на основе технологии Cell ID + Timing Advance. Оценить погрешность местоположения абонента.

Исходные данные: материал для изучения в тематическом разделе электронного курса, информация о расположении базовой станции, размере сот.

Форма представления результата: загрузить файл с ответом в электронный курс в ответ на задание.

4 Вопросы для самоконтроля

Занятие 1.

1. Какова формула спектра сигнала на основе ДПФ?
2. Как получить отсчеты для графика спектра сигнала (как график спектральной плотности мощности) из отсчетов сигнала?
3. Как подписать оси графика спектра сигнала?
4. Как получить графика спектра сигнала в осях амплитуда (в дБм) от частоты (Гц)?

Занятие 2.

1. Каким образом выбирают частоту дискретизации сигнала, при оценке центральной частоты сигнала?
2. Каким образом оценивают центральную частоту сигнала?
3. Каков алгоритм оценивания частоты на основе ДПФ?

Занятие 3.

1. Каким образом выбирают частоту дискретизации сигнала, при оценке центральной частоты полосового сигнала?
2. Какой минимальный объем выборки необходим для вычисления БПФ?
3. Каков алгоритм оценивания частоты на основе ДПФ полосового сигнала?

Занятие 4.

1. Как длительность записи сигнала влияет на точность оценки частоты сигнала?
2. Какие бывают способы увеличения точности оценки центральной частоты сигнала?

Занятие 5.

1. Какие бывают способы определения ширины спектра?
2. Какие бывают способы определения вида модуляции?

Занятие 6.

1. Как оценить погрешность определения местоположения при использовании угломерного метода определения координат?
2. Каким образом уменьшить погрешность определения местоположения при использовании угломерного метода определения координат?

Занятие 7-8.

1. Каково назначение системы радиомониторинга?
2. Чем определяется состав оборудования системы радиомониторинга?
3. Какой принцип определения местоположения источника радиоизлучения?
4. Почему используют ненаправленные антенны?
5. Какова производительность системы радиомониторинга?

Занятие 9.

1. От каких параметров зависит максимальный радиус ошибки определения местоположения абонента методом Timing Advance (TA) в условиях прямой видимости для системы сотовой связи LTE?
2. Какие существуют методы определения местоположения абонента мобильной станции?

Заключение

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине в совокупности с электронным обучающим курсом по технологии веб-поддержка (пример курса: <https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=156>) способствует успешному освоению обучающимися методов и инструментов, способствующих развития общепрофессиональных и профессиональных знаний.

Дисциплина направлена на формирование знаний основных понятий и принципов функционирования радиотехнических систем мониторинга источников радиоизлучения, освоение методов и инструментов для оценивания параметров сигнала источников радиоизлучения и их местоположения.

Список литературы

1. ОС ТУСУР 01-2021. Образовательный стандарт ВУЗа. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления. – Томск: ТУСУР, 2021. – 52 с. [Электронный ресурс]: электронная версия. URL: <https://regulations.tusur.ru/documents/70> (дата обращения: 01.04.2026).
2. Электронный обучающий курс по дисциплине «Радиотехнические системы мониторинга». [Электронный ресурс]: сайт системы дистанционного обучения ТУСУР. URL: <https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=156> (дата обращения: 01.04.2026).
3. Рембовский, А. М. Радиомониторинг: задачи, методы, средства: учебное пособие / А. М. Рембовский, А. В. Ашихмин, В. А. Козьмин; под редакцией А. М. Рембовского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 640 с.
4. Рыжков, А. В. Частотно-временное обеспечение в сетях электросвязи: учебное пособие / А. В. Рыжков. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2021. – 270 с.
5. Таблица распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации [Электронный ресурс]: сайт Главного радиочастотного центра. URL: <https://grfc.ru/grfc/zayav/radio-frequency-band-distribution-table/> (дата обращения: 01.04.2026).
6. Scholl S. Exact Signal Measurements using FFT Analysis: course material Kaiserslautern - Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, 2016. С. 10. [Электронный ресурс]: электронная версия. URL: https://kluedo.ub.rptu.de/frontdoor/deliver/index/docId/4293/file/exact_fft_measurements.pdf (дата обращения: 01.04.2026).