

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 лабораторных 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 лабораторных работ для обучающихся технических направлений подготовки и специальностей / В.А. Громов, Д.А. Садов. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2026. – 13 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 общие требования, информацию о материально-техническом обеспечении лабораторных работ, перечень лабораторных работ, краткие указания по выполнению лабораторных работ, указания по сдаче и приему результатов выполнения работ. 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 Общие требования.....	5
2 Материально-техническое обеспечение лабораторных работ.....	6
3 Прием результатов выполнения лабораторных работ.....	7
4 Темы лабораторных работ.....	8
5 Вопросы для самоконтроля.....	10
Заключение	12
Список литературы	13

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.

Лабораторные работы обеспечивают возможность получить практические навыки работы в прикладных программах математического моделирования для задач оценки параметров сигнала источников радиоизлучения и пеленга на них, закрепить знания, полученные в лекционной части дисциплины.

1 Общие требования

Лабораторные работы, предусмотренные настоящими указаниями, выполняются во время аудиторных занятий индивидуально под контролем со стороны преподавателя. Все консультации осуществляются преподавателем. Если обучающейся не удается выполнить задание, то ему следует доделать задание во внеаудиторное время в часы самостоятельной работы.

Перед началом занятий 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 проведения лабораторных работ в аудитории обучающимся запрещается передавать друг другу файлы и другие материалы, являющиеся результатом выполнения заданий.

Обучающийся имеет право:

- Выходить из аудитории (лаборатории) не спрашивая разрешения у преподавателя.
- Самостоятельно распределять аудиторное время, определяя необходимость перерыва или непрерывной работы.
- 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 лабораторных 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.

2 Материально-техническое обеспечение лабораторных работ

Для проведения занятий лабораторного типа необходима учебная аудитория со следующим оборудованием:

- 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.
- 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.

3 Прием результатов выполнения лабораторных работ

Результаты выполнения лабораторных работ представляются преподавателю в виде отчета, содержащего описание хода выполнения лабораторных работ и выводы по проделанной работе.

Во время приема выполненной работы преподаватель вправе:

- Требовать демонстрации выполненного задания в виде отчета и размещении его в системе электронной информационно-образовательной среде (sdo.tusur.ru).
- Требовать от обучающегося самостоятельного выполнения заданий лабораторных работ.
- Требовать у обучающегося пояснений по алгоритмам работы.

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

Задание считается выполненным и принимается преподавателем только в том случае, если реализованы все задачи, предусмотренные заданием на лабораторную работу. Если эти условия не выполняются, то результат выполнения подлежит доработке. Обучающийся должен работать над заданием максимально самостоятельно, использовать все предусмотренные в лабораторной работе средства. До конца семестра обучающийся обязан сдать результаты выполнения всех лабораторных работ, предусмотренных настоящими указаниями.

4 Темы лабораторных работ

Для изучения дисциплины «Радиотехнические системы мониторинга» используется электронный обучающий курс по технологии веб-поддержка. Курс содержит материалы для лекций, практических занятий, лабораторных работ 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].

Лабораторная работа №1 – Оценка частоты радиосигнала

Цель работы: освоить методику оценки несущей частоты произвольного радиосигнала.

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

Задание: оценить несущую частоту произвольного радиосигнала, написать программу в среде MATLAB / Scilab / Octave (либо использовать любую альтернативную среду математического моделирования / программирования).

Исходные данные в тематическом разделе электронного курса:

- указания по выполнению работы,
- порядок выполнения работы,
- ход выполнения работы,
- файл с данными о сигнале,
- частота дискретизации в МГц,
- частота гетеродина в МГц (формула получения промежуточной частоты $F_{пч}=F_{сигн}-F_{гет}$).
- содержание отчета.

Форма представления результата: загрузить файл с отчетом о выполнении работы в электронный курс в ответ на задание.

Лабораторная работа №2 – Оценка разности моментов прихода радиосигнала в разнесенные пункты

Цель работы: освоить методику оценивания разности моментов прихода радиосигнала в разнесенные пункты.

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

Задание: оценить разность моментов прихода радиосигнала в разнесенные пункты, написать программу в среде MATLAB / Scilab / Octave (либо использовать любую альтернативную среду математического моделирования / программирования).

Исходные данные в тематическом разделе электронного курса:

- указания по выполнению работы,
- порядок выполнения работы,
- ход выполнения работы,
- файл с данными о сигнале,
- частота дискретизации в МГц,
- частота гетеродина в МГц (формула получения промежуточной частоты $F_{пч}=F_{сигн}-F_{гет}$).
- содержание отчета.

Форма представления результата: загрузить файл с отчетом о выполнении работы в электронный курс в ответ на задание.

Лабораторная работа №3 – Оценка направления прихода радиоволны сигнала (оценка пеленга)

Цель работы: освоить методику оценивания направления прихода радиоволны сигнала (пеленг), используя информацию о фазе сигнала, о разности времени прихода сигнала.

Теоретический материал для этого занятия приведен в тематическом разделе

электронного курса.

Задание: оценить направление прихода радиоволны сигнала (пеленг), написать программу в среде MATLAB / Scilab / Octave (либо использовать любую альтернативную среду математического моделирования / программирования).

Исходные данные в тематическом разделе электронного курса:

- указания по выполнению работы,
- порядок выполнения работы,
- ход выполнения работы,
- файл с данными о сигнале,
- частота дискретизации в МГц,
- содержание отчета.

Форма представления результата: загрузить файл с отчетом о выполнении работы в электронный курс в ответ на задание.

Лабораторная работа № 4 – Оценка погрешности определения местоположения абонента на основе дальномерных измерений базовых станций

Цель работы: освоить методику оценивания местоположения абонента на основе измеренных дальностей от базовых станций до абонента.

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

Задание: оценить местоположение абонента по измерениям дальностей от базовых станций до абонентов и погрешность оценки местоположения абонента, написать программу в среде MATLAB / Scilab / Octave (либо использовать любую альтернативную среду математического моделирования / программирования).

Исходные данные в тематическом разделе электронного курса:

- указания по выполнению работы,
- порядок выполнения работы,
- ход выполнения работы,
- файл с истинным расположением абонента и истинным расположением базовых станций на плоскости;
- погрешность измерения дальности,
- содержание отчета.

Форма представления результата: загрузить файл с отчетом о выполнении работы в электронный курс в ответ на задание.

5 Вопросы для самоконтроля

Лабораторная работа №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)?
5. Каким образом выбирают частоту дискретизации сигнала, при оценке центральной частоты сигнала?
6. Каким образом оценивают центральную частоту сигнала?
7. Каков алгоритм оценивания частоты на основе ДПФ?
8. Какой минимальный объем выборки необходим для вычисления БПФ?
9. Каков алгоритм оценивания частоты на основе ДПФ полосового сигнала?
10. Как длительность записи сигнала влияет на точность оценки частоты сигнала?
11. Какие бывают способы увеличения точности оценки центральной частоты сигнала?
12. Какие бывают способы определения ширины спектра?

Лабораторная работа №2

1. Каким образом оценивают разность момента прихода сигнала в разнесенные пункты?
2. Каким образом можно увеличить точность оценки разности момента прихода сигнала в разнесенные пункты?
3. Каким образом можно вычислить взаимно-корреляционную функцию двух сигналов?
4. Каким образом можно определить максимум взаимно-корреляционную функцию двух сигналов?
5. Каким образом можно определить разность моментов прихода через разность номера отсчета максимума вычислить взаимно-корреляционной функцию двух сигналов и длинны сигнала в отсчетах?

Лабораторная работа №3

1. Каким образом оценивают направления прихода радиоволны сигнала (пеленг), используя информацию о фазе сигнала?
2. Каким образом оценивают направления прихода радиоволны сигнала (пеленг), используя информацию о разности времени прихода сигнала?
3. Каким образом оценивают разность фаз сигналов, принятых в разнесённых пунктах?
4. Каким образом оценивают разность времени прихода сигнала в разнесенные пункты?
5. Каким образом вычисляют фазу сигнала через квадратуры принятого сигнала?
6. Каким образом вычисляют квадратуры принятого сигнала?
7. Каким образом устраняют неоднозначность при оценивании направления прихода радиоволны сигнала (пеленг)?

Лабораторная работа №4

1. Каким образом оценивают местоположение абонента мобильной станции связи по измерениям дальностей от базовых станций до абонентов?
2. Каким образом оценивают погрешность определения местоположения абонента мобильной станции связи на основе дальномерных измерений базовых станций?

3. Какой смысл несёт параметр Timing Advance (ТА, временное упреждение) системы мобильной связи в задаче определения местоположения абонента?
4. От каких параметров зависит максимальный радиус ошибки определения местоположения абонента методом Timing Advance в условиях прямой видимости для системы сотовой связи GSM?
5. От каких параметров зависит максимальный радиус ошибки определения местоположения абонента методом Timing Advance (ТА) в условиях прямой видимости для системы сотовой связи LTE?
6. Какие существуют методы определения местоположения абонента мобильной станции?

Заключение

Методические указания по выполнению лабораторных 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).