

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

**Методические указания для самостоятельной работы
при изучении дисциплины (модуля)**

Дисциплина	Б1.В.10 Основы теории радиолокационных систем и комплексов <small>код, вид, тип и наименование практики по учебному плану</small>
Специальность	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы <small>код и наименование направления подготовки /специальности</small>
специализация	Радиоэлектронные системы передачи информации <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small>
Разработчики	Старший преподаватель Шульженко А.Е.

Мурманск
2019

Составитель – Шульженко Александр Евгеньевич, старший преподаватель кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования 19 ноября 2019г., протокол № 8.

1. Цель дисциплины: «**Основы теории радиолокационных систем и комплексов**» является формирование компетенций в эксплуатационно-технической и научно-исследовательской областях профессиональной деятельности, в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом для специальности 11.5.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы»

2. Задачи дисциплины:

- Изучить физические основы радиолокации;
- Изучить принципы построения РЛС;
- Изучить типы сигналов используемых в РЛС;
- Изучить методы обнаружения сигналов РЛС;
- Изучить построение узлов РЛС;
- Изучить взаимосвязь технических и тактических характеристик;
- Изучить методы измерения скорости, дальности и пеленгования объектов.
- Изучить методы борьбы с помехами
- Изучить основные вида и типы РЛС

3. Содержание дисциплины

- Раздел 1. Общие сведения о радиолокационных системах
- Раздел 2. Сигналы и помехи в радиолокации
- Раздел 3. Обнаружение радиолокационных сигналов
- Раздел 4. Методы реализации радиолокационных устройств и систем
- Раздел 5. Основные узлы РЛС
- Раздел 6. Измерители дальности
- Раздел 7. Измерители скорости
- Раздел 8. Радиопеленгаторы
- Раздел 9. Помехи радиолокационным системам
- Раздел 10. Вторична обработка радиолокационной информации
- Раздел 11. Радиолокационные системы различного назначения

4. Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Основы теории радиолокационных систем и комплексов » направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки

Результаты обучения

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) ¹
1.	ПК-11 способностью к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, об-	Компетенции реализуется в части «способностью к реализации программ эксперименталь-	Знать: принципы планирования экспериментальных исследований Уметь: обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оце-

¹ Для ФГОС ВО 3++

	работку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	ных исследований, ... включая выбор технических средств, обработку результатов»	нить погрешности экспериментальных данных. Владеть: техникой проведения экспериментальных исследований
--	---	---	--

Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения			
	Заочная			
	Л	ПР	ЛР	СР
<p>Раздел 1. Общие сведения о радиолокационных системах Основные понятия и определения радиолокации. Принципы, физические основы и виды радиолокации. Эксплуатационные характеристики и технические параметры РЛС. Способы обзора пространства. Обобщенная структура и классификация РЛС.</p>				10
<p>Раздел 2. Сигналы и помехи в радиолокации Виды и математические модели зондирующих сигналов. Основные характеристики зондирующих сигналов. Сложные сигналы и их характеристики шумов и помех. Статистические характеристики шумов. Явление вторичного излучения радиоволн. Отражение, рассеяние и переизлучение радиоволн объектами. Радиолокационные цели, их классификация и характеристики. Эффективная поверхность отражения (площадь рассеяния) целей. Виды радиосигналов, применяемых в РЛС.</p>		2	2	15
<p>Раздел 3. Обнаружение радиолокационных сигналов Дальность обнаружения и зоны видимости РЛС. Дальность действия РЛС в свободном пространстве. Влияние отражений от подстилающей поверхности (водной, земной) на дальность действия РЛС. Постановка и методика решения задачи оптимального обнаружения радиолокационных сигналов. Статистические критерии оптимизации обнаружения сигналов. Оптимальное решающее правило обнаружения детерминированного и квазидетерминированного когерентных сигналов на фоне белого шума. Отношение правдоподобия и алгоритм одноканального обнаружения сигнала с известными параметрами на фоне квазибелого шума. Методы вычисления отношения правдоподобия при обнаружении когерентных сигналов со случайными параметрами. Обнаружение сигналов со случайной начальной фазой. Обнаружение сигналов со случайными амплитудой и начальной фазой. Обнаружение некогерентных сигналов. Не-</p>	1	2	4	15

когерентное накопление сигналов. Анализ качества некогерентного накопления. Цифровые обнаружители.				
Раздел 4. Методы реализации радиолокационных устройств и систем Корреляционный метод обработки сигналов. Корреляционный обнаружитель сигналов с полностью известными параметрами. Фильтровый метод обработки сигналов. Временные и частотные характеристики фильтров, согласованных с характеристиками сигналов. Импульсная характеристика фильтра. Структурные схемы фильтровых обнаружителей Согласованные фильтры для обработки радиолокационных сигналов. Согласованные фильтры для когерентных пачек радиоимпульсов	1			15
Раздел 5. Основные узлы РЛС Радиолокационные импульсные передатчики. Особенности магнетронных генераторов. Импульсный модулятор с накопительным конденсатором. Импульсный модулятор с накопительной линией. Импульсный линейный модулятор. Антенно-волноводные устройства (АВУ) судовых НРЛС Требования к АВУ судовых НРЛС, основные типы антенн. Щелевые и линзовые антенны. Антенные переключатели. Высокочастотные газовые разрядники. Вращающийся переход. Упрощенная функциональная схема приемника НРЛС с блоком автоматической подстройки частоты (АПЧ). Преобразование частоты. Смесители на СВЧ диодах. Автоматическая подстройка частоты. Временная регулировка усиления. Малая постоянная времени. Логарифмический усилитель.	1			15
Раздел 6. Измерители дальности Фазовые дальномеры, частотные дальномеры, импульсные дальномеры				14
Раздел 7. Измерители скорости				14
Раздел 8. Радиопеленгаторы Амплитудные радиопеленгаторы, фазовые пеленгаторы, многоканальные пеленгаторы.				14
Раздел 9. Помехи радиолокационным системам и борьба с ними. Виды помех РЛС, методы борьбы с активными и пассивными помехами		2		14
Раздел 10. Вторична обработка радиолокационной информации. Обнаружение и сопровождение траекторий, система САРП				14
Раздел 11. Радиолокационные системы различного назначения. Космические системы дистанционного зондирования, корабельные РЛС, метеорологические РЛС	1			14
Итого:	4	4	6	155

Перечень лабораторных работ

№ п\п	Темы лабораторных работ	Количество часов
		заочная
1	Исследование ЭПР различных целей простой конфигурации	2
2	Исследование работы обнаружителей сигналов	4

Перечень практических работ

№ п\п	Темы практических работ	Количество часов
		Заочная
1	2	5
3	Решение задач по теме «Дальность действия РЛС»	2
4	Решение задач по теме «Обнаружение радиолокационных сигналов»	2
8	Решение задач по теме борьба с пассивными помехами	2

5. Методические рекомендации

5.1 Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий

- В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации для практического занятия и указания для выполнения самостоятельной работы.
- Обучающемуся, в ходе лекционных занятий, необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве.
- Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Рекомендуется активно задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

5.2 Методические указания к выполнению практических работ

- Практические работы сочетают элементы теоретического исследования и практических навыков. Выполняя практические работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, практически осваивая конкретные решения, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.
- Выполнение практических работ направлено на:
 - обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
 - формирование умений применять полученные знания для практической деятельности;
 - развитие теоретических, аналитических, проектировочных, знаний и умений;
 - выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.
- Практические занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в учебных помещениях и лабораториях, при необходимости, с использованием к сети интернет.
- Форма организации обучающихся для проведения практического занятия – групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.
- Результаты выполнения практической работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

5.3 Методические указания к выполнению лабораторных работ

- Лабораторные работы сочетают элементы теоретического исследования и практической работы. Выполняя лабораторные работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, так как многие теоретические определения, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.

- Выполнение лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания в практической деятельности;

- развитие аналитических, проектировочных, конструктивных умений;

- выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.

- Лабораторные занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в специальной лаборатории кафедры, оборудованной для выполнения лабораторных работ (заданий).

- Форма организации обучающихся для проведения лабораторного занятия – фронтальная, групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

- Результаты выполнения лабораторной работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

5.4 Проведение занятий в интерактивной форме

- Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.

- Интерактивная форма обучения реализуется в виде проблемных лекций, коллективных решениях творческих задач и использовании метода проектов.

- **Проблемная лекция.** На этой лекции новое знание вводится через проблемность вопроса, задачи или ситуации. При этом процесс познания обучающихся в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к исследовательской деятельности. Разрешение проблемной ситуации происходит путем организации направления поиска ее решения, выдвижения гипотез и их проверки, решения задач различными способами, нахождения наиболее рационального пути решения и т.д.; анализа полученного результата, обсуждения противоречий или неоднозначности выводов и т.п.

- **Коллективные решения творческих задач.** Под творческими заданиями понимаются такие учебные задания, которые требуют от обучающихся не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат больший или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов, несколько методов решения.

5.5 Методические рекомендации к самостоятельной работе

- Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).

- Самостоятельная работа обучающихся (далее – СРО) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности обучающегося. СРО играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой обучающихся.

- К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом СРО играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.
- В процессе самостоятельной работы обучающийся приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.
- Формы самостоятельной работы обучающихся разнообразны. Они включают в себя:
 - изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, патентной, статистической, периодической и научной информации;
 - подготовку докладов и рефератов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ;
 - участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.
- Самостоятельная работа приобщает обучающихся к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.
- Основной формой самостоятельной работы обучающегося является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и лабораторных занятиях.

5.5 Методические рекомендации по решению тестовых заданий

- Тестовая система предусматривает вопросы/задания, на которые обучающийся должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность.
- При отсутствии какого-либо одного ответа на вопрос, предусматривающий множественный выбор, весь ответ считается неправильным.
- Ответы правильные выделяются в тесте подчеркиванием или любым другим символом.

5.6 Методические рекомендации к выполнению РГР.

- При написании РГЗ обучающийся должен показать умение работать с литературой, анализировать информационные источники, делать обоснованные выводы.
 - Работа над выбранной темой требует от обучающегося знаний методологии выполнения исследования, творческого подхода, логики, аргументации изложения, отражения личного отношения к исследуемой проблеме, прилежания, профессионализма.
- Порядок выполнения РГР состоит из следующих этапов:
- подбор темы и литературы для ее выполнения;
 - разработка рабочего плана;
 - изучение специальных источников информации;
 - формирование основных теоретических положений, практических выводов и рекомендаций;
 - оформление РГР в соответствии с общими требованиями к оформлению пояснительных записок дипломных и курсовых проектов
 - защита РГР.
- Важным этапом выполнения РГР является изучение литературных источников. Эта работа начинается с момента выбора темы РГР. В своей работе обучающийся должен показать умение использовать не только специальную техническую литературу, но и экономическую, нормативно-правовые акты, стандарты и ГОСТы.

- Список литературы должен быть оформлен в строгом соответствии с правилами библиографии. В тексте РГР обязательно должны быть ссылки на используемую литературу. Количество наименований в списке литературы должно быть не менее 15.

5.7 Методические рекомендации по подготовке презентации

Алгоритм создания презентации:

- 1 этап – определение цели презентации
- 2 этап – подробное раскрытие информации,
- 3 этап – основные тезисы, выводы.

Следует использовать 10-15 слайдов. При этом:

- первый слайд – титульный, предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;
- на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;
- оставшиеся слайды имеют информативный характер.

Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

Требования к оформлению и представлению презентации:

- Читабельность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.
- Тщательно структурированная информация.
- Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.
- Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.
- Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.
- Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.
- Графика должна органично дополнять текст.
- Выступление с презентацией длится не более 10 минут;

5.8 Методические рекомендации по подготовке доклада

Алгоритм создания доклада:

- 1 этап – определение темы доклада
- 2 этап – определение цели доклада
- 3 этап – подробное раскрытие информации
- 4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.

5.8 Методические рекомендации по выполнению контрольных работ

- Контрольная работа является одним из видов учебной работы обучающихся и самостоятельной работы студентов-заочников, формой контроля освоения ими учебного материала по дисциплине, уровня знаний, умений и навыков.

Основные задачи выполняемой работы:

- закрепление полученных ранее теоретических знаний;
- выработка навыков самостоятельной работы;
- определение степени подготовленности студента к будущей практической работе.
- Контрольная работа – это своеобразный письменный экзамен, который требует серьезной подготовки. При подготовке контрольных работ необходимо руководствоваться тематикой, которую рекомендует преподаватель, выбрав один из вариантов. Варианты контрольных работ распределяются преподавателем дисциплины.
- Письменную контрольную работу желательно представить в печатном виде, формат-А-4, шрифт-14, межстрочный интервал-1,5, поля: верхнее поле – не менее 15 мм, нижнее поле – не

менее 15 мм, левое поле – не менее 30 мм, правое поле – не менее 15 мм; нумерация страниц в правом верхнем углу обязательна. Объем работы зависит от дисциплины и определяется преподавателем.

5.8 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена

- Экзамен осуществляется в рамках завершения изучения дисциплины (модуля) и позволяет определить качество усвоения изученного материала, а также степень сформированности компетенций.

- Обучающиеся обязаны сдавать экзамен в строгом соответствии с утвержденными учебными планами, разработанными согласно образовательным стандартам высшего образования.

- Экзамен принимается по билетам, содержащим два вопроса. Экзаменационные билеты утверждаются на заседании кафедры.

- Экзаменатору предоставляется право задавать студентам вопросы в рамках билета, а также, помимо теоретических вопросов, предлагать задачи практико-ориентированной направленности по программе данного курса.

- При явке на экзамен студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору в начале экзамена.

- Рекомендуется при подготовке к экзамену опираться на следующий план:

1. Просмотреть программу курса, с целью выявления наиболее проблемных тем, вопросов, которые могут вызвать трудности при подготовке к экзамену.

2. Темы необходимо изучать последовательно, внимательно обращая внимание на описание вопросов, которые раскрывают ее содержание. Начинать необходимо с первой темы.

1. Радиолокация, общие сведения. Общие сведения построения РЛС.
2. Виды радиолокации и радиолокационных систем
3. Основные характеристики радиолокационных станций: тактические и технические характеристики радиолокационных станций.
4. Явление вторичного излучения радиоволн. Отражение, рассеяние и переизлучение радиоволн объектами (целями)
5. Характеристики радиолокационных целей: эффективная площадь рассеяния, радиолокационные цели простейшей конфигурации.
6. Искусственные отражатели, сложные и групповые цели. Объемно-распределенные цели.
7. Виды сигналов используемых в радиолокации и их математические модели.
8. Виды помех и их статистические параметры
9. Дальность радиолокационного наблюдения в свободном пространстве.
10. Фильтровый метод обработки сигналов. Временные и частотные характеристики фильтров, согласованных с сигналом.
11. Оптимальная фильтрация при решении задач обнаружения, фильтры максимизирующие отношение сигнал – шум. Сигнал и помеха на выходе согласованного фильтра.
12. Показатели качества обнаружения.
13. Статистические критерии оптимизации обнаружения. Оптимальное решающее правило.
14. Оптимальные методы обнаружения. Обнаружители по критерию отношения правдоподобия.
15. Оптимальный прием полностью известного радиолокационного сигнала.
16. Оптимальный прием радиолокационного сигнала со случайной начальной фазой при наличии флуктуационной помехи.
17. Оптимальный прием радиолокационного сигнала со случайной начальной фазой при наличии флуктуирующей амплитуды.
18. Обнаружение некогерентных сигналов.
19. Цифровые обнаружители.
20. Методы измерения дальности. Импульсный метод измерения дальности.
21. Методы измерения дальности. Частотный метод измерения дальности.

22. Селекция по скорости, системы автоматического слежения по скорости.
23. Основные узлы РЛС. АФУ, антенный переключатель.
24. Основные узлы РЛС. Магнетронный генератор.
25. Основные узлы РЛС. Система ВАРУ. Защита от помех.
26. Техника безопасности при эксплуатации РЛС.
27. Измерение угловых координат, амплитудные методы пеленгования. Определение угловых координат по максимуму принимаемого сигнала.
28. Амплитудные измерительные устройства с одновременным сравнением сигналов. Автоматическое сопровождение по направлению.
29. Измерение скорости. Прием прямого излучения, прием отраженных сигналов. РЛС с непрерывным излучением.
30. Фазовые методы пеленгования. Фазовые измерительные устройства с одновременным сравнением сигналов.
31. Уравнение дальности радиолокационного наблюдения с учетом отражения электромагнитных волн от поверхности Земли. Влияние кривизны земной поверхности на дальность радиолокационного наблюдения.
32. Влияние затухания электромагнитных волн в атмосфере на дальность радиолокационного наблюдения. Влияние атмосферной рефракции на дальность радиолокационного обнаружения.
33. Корабельные РЛС: Диапазон частот, Международные стандарты, Формирование ответного РЛО, ТТХ
34. Метеорологические РЛС: назначение, ТТХ, метод обзора пространства
35. РЛС землеобзора космического базирования. Структура глобальной системы аэрокосмического мониторинга. Основные режимы космического обзора. Принцип действия и основные характеристики космических РЛС.
36. Загоризонтные РЛС. Принципы работы и место использования, ТТХ

Основная литература

1. Радиолокационные системы. Учебник для вузов. Бакулев П.А. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2015. – 440 с., ил.
2. Радиолокационные системы [Электронный ресурс] : учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин [и др.]; под общ. ред. В. П. Бердышева ; разработ. : Центр обучающих систем ИнТК СФУ, 2012. – 402 с., ил.
3. Справочник по радиолокации / Под ред. М.И. Скольника. Пер. с. Англ. Под общей ред. В.С. Вербы. В 2 книгах. Москва: Техносфера, 2014. – 672 с.

Дополнительная литература

1. Судовые радиолокационные системы : учеб. для вузов / В. В. Афанасьев [и др.]; [под ред. Ю. М. Устинова] ; Федер. агентство мор. и реч. трансп., ФГОУ ВПО "Гос. мор. акад. им. С. О. Макарова", Каф. радионавигац. приборов и систем. - Санкт-Петербург : Веле-нара, 2009. - 364, [1] с. : ил. - (Библиотека СКФ : Совкомфлот). - Библиогр.: с. 334-336. - ISBN 978-5-904726-05-8 : 563-00. 39.471.5 - С 89