

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.Б.42 Физические основы радиосистем (30) <small>код и наименование дисциплины</small>
Специальность	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы <small>код и наименование специальности</small>
Специализация	Радиоэлектронные системы передачи информации <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small>
Разработчик	Доцент Холодов Г.Г. <small>уч. степень, уч. звание, должность, ФИО</small>

Мурманск
2019

Составитель – Холодов Геннадий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования Мурманского государственного технического университета

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

Целью дисциплины (модуля) «Физические основы радиосистем» является подготовка инженеров в соответствии с Профстандартом 06.005 Инженер-радиоэлектронщик, квалификационной характеристикой специалиста и рабочим учебным планом специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

2. Задачи дисциплины:

1. дать необходимые знания для обеспечения базовой подготовки, необходимой для успешного изучения специальных дисциплин;
2. изучение дисциплины должно заложить систему понятий в области радиотехники.

3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Физические основы организации радиосвязи.

История развития радиосвязи. Общие сведения о системах радиосвязи. Классификация радиотехнических систем. Общие сведения об электромагнитных волнах. Электромагнитные волны, используемые в радиотехнике. Диапазоны радиочастот. Распространение радиоволн. Виды сообщений и сигналов. Модуляция сигналов. Виды помех в каналах радиосвязи. Математические модели сигналов и помех. Преобразования сигналов. Цифровая обработка сигналов. Радиопередающие устройства. Антенно-фидерные устройств. Структура информационного канала и канала связи. Радиоприемные устройства. Оптимальный прием аналоговых сигналов с частотной и амплитудной модуляцией. Области применения радиотехники.

Раздел 2. Физические основы радиолокации.

Физические особенности распространения радиоволн. Основные тактические и технические характеристики РЛС. Структурная схема РЛС. Основное уравнение радиолокации. Общие сведения о радиолокационных целях.

Раздел 3. Физические основы спутниковых систем связи.

Радиосистемы ближнего, среднего и дальнего космоса. Общие характеристики и принципы построения комплексов КА. Входной сигнал в космических радиолиниях. Обработка информации в измерительных радиосистемах. Измерительные системы радиокомплексов. Особенности построения навигационных спутниковых систем. Особенности построения спутниковых систем местоопределения.

Раздел 4. Физические основы радиорелейной связи.

Основные принципы многоканальной передачи. Приемники, передатчики и антенные устройства радиорелейных станций. Области применения радиорелейных линий.

Раздел 5. Физические основы беспроводных технологий.

Современные беспроводные технологии.

Перечень примерных тем контрольной работы:

1. Методы дифференциальных определений в СРНС ГЛОНАСС и НАВСТАР
2. Сравнительный анализ существующих спутниковых систем
3. Градиент линии положения
4. Геометрический фактор различных РНС

4. Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и профессиональным стандартом 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик»:

Результаты обучения

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) ¹
1	ОПК-5 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения	Компетенция реализуется полностью	ОПК-5.1 Знает естественнонаучные законы на которых базируется развитие радиоэлектронных систем и комплексов. ОПК-5.2 Умеет построить математические модели для описания различных аспектов радиоэлектронных систем и комплексов.- ОПК-5.3 Владеет основными принципами вычислительной математике для расчета и разработки различных узлов радиоэлектронных систем и комплексов.

Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

№ п/п	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки (заочная)			
		Лек	ПР	ЛР	СР
	Раздел 1. Физические основы организации радиосвязи				
1.	История развития радиосвязи. Общие сведения о системах радиосвязи. Классификация радиотехнических систем.				7
2.	Общие сведения об электромагнитных волнах. Электромагнитные волны, используемые в радиотехнике.				7
3.	Диапазоны радиочастот. Распространение радиоволн.	2	2		7
4.	Виды сообщений и сигналов. Модуляция сигналов.				7
5.	Виды помех в каналах радиосвязи.	2			7
6.	Математические модели сигналов и помех. (2 часа)				7
7.	Преобразования сигналов (2 часа)				7
8	Цифровая обработка сигналов				7
9	Радиопередающие устройства (2 часа)	2			7
10	Антенно-фидерные устройства				7
11	Структура информационного канала и канала связи		2		7
12	Радиоприемные устройства (2 часа)	2			7
13	Оптимальный прием аналоговых сигналов с частотной и амплитудной модуляцией.				7
14	Области применения радиотехники				5
	Итого за 1 курс:	8	4		92
	Раздел 1. Физические основы радиолокации				
15	Физические особенности распространения радиоволн				9
16	Основные тактические и технические характеристики РЛС		2		9
17	Структурная схема РЛС. Основное уравнение радиолокации	2			9
18	Общие сведения о радиолокационных целях		2		9
19	Раздел 2. Физические основы радиорелейной связи				

¹ Для ФГОС ВО 3++

20	Основные принципы многоканальной передачи				9
21	Приемники, передатчики и антенные устройства радиорелейных станций				9
	Области применения радиорелейных линий	2	2		9
22	Раздел 3. Физические основы беспроводных технологий				
23	Современные беспроводные технологии	4			8
	Итого за 3 семестр	4	6	-	71

	Раздел 1. Физические основы спутниковых систем связи				
24	Радиосистемы ближнего, среднего и дальнего космоса				10
25	Общие характеристики и принципы построения комплексов КА				10
26	Входной сигнал в космических радиоприемниках	2		2	10
27	Обработка информации в измерительных радиосистемах			2	10
28	Измерительные системы радиоконфлюксов				10
29	Особенности построения навигационных спутниковых систем				11
30	Особенности построения спутниковых систем местопределения	2		2	10
	Итого за 4 семестр	4	-	6	71
	Итого:	16	10	6	234

Примерный перечень лабораторных работ

№ п\п	Темы лабораторных работ	Кол-во часов
		Заочная
1	2	3
	2 курс	
1	Изучение осциллографов	2
2	Изучение генераторов	2
3	Знакомство с распространением радиоволн через ионосферу	2
	Итого за 2 курс:	6
	Итого:	6

Примерный перечень практических работ

№ п\п	Темы практических работ	Кол-во часов
		Заочная
1	2	3
	1 курс	
1	Основные уравнения электродинамики. Решение типовых задач.	2
2	Круговая поляризация электромагнитных волн	2
	Итого за 1 курс:	4
	2 курс	
1	Вынужденные колебания в последовательном контуре, вынужденные колебания в параллельном контуре	2
2	Колебания в системе двух связанных контуров, переходные процессы в контуре,	2
3	Исследование фильтров нижних и верхних частот, полосовых и заградительных фильтров	2
	Итого за 2 курс:	6

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 РГР 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.

Вопросы для самоконтроля по дисциплине «Физические основы радиосистем»

1. Общие сведения о системах радиосвязи. Классификация радиотехнических систем.
2. Общие сведения об электромагнитных волнах. Электромагнитные волны, используемые в радиотехнике.
3. Диапазоны радиочастот. Распространение радиоволн.
4. Виды сообщений и сигналов. Модуляция сигналов.
5. Виды помех в каналах радиосвязи.
6. Математические модели сигналов и помех.
7. Преобразования сигналов.
8. Цифровая обработка сигналов.
9. Радиопередающие устройства (назначение, структура, принцип действия).
10. Антенно-фидерные устройства.
11. Структура информационного канала и канала связи.
12. Радиоприемные устройства.
13. Оптимальный прием аналоговых сигналов с частотной и амплитудной модуляцией.
14. Области применения радиотехники.
15. Вынужденные колебания в последовательном контуре, вынужденные колебания в параллельном контуре.
16. Колебания в системе двух связанных контуров, переходные процессы в контуре.
17. Исследование фильтров нижних и верхних частот, полосовых и заградительных фильтров.
18. Физические особенности распространения радиоволн в радиолокации.
19. Основные тактические и технические характеристики РЛС.
20. Структурная схема РЛС. Основное уравнение радиолокации.
21. Общие сведения о радиолокационных целях.
22. Расчет распространения радиоволны с учетом воздействия среды распространения.
23. Вычисление ЭПР для простейших целей.
24. Радиосистемы ближнего, среднего и дальнего космоса.
25. Общие характеристики и принципы построения комплексов КА.
26. Входной сигнал в космических радиоприемах.
27. Обработка информации в измерительных радиосистемах.
28. Измерительные системы радиокомплексов.
29. Особенности построения навигационных спутниковых систем.
30. Особенности построения спутниковых систем местоопределения.
31. Основные принципы многоканальной передачи
32. Приемники, передатчики и антенные устройства радиорелейных станций
33. Области применения радиорелейных линий.
34. Современные беспроводные технологии.

Литература:

1 Основная литература

1. Акулиничев Ю.П. Радиотехнические системы передачи информации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Акулиничев Ю.П., Бернгардт А.С.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015.— 195 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72171.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Масалов Е.В. Радиотехнические системы. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Масалов Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 109 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13967.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Масалов Е.В. Радиотехнические системы. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Масалов Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 117 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13968.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2.Дополнительная литература

1. Тисленко В.И. Статистическая теория радиотехнических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Тисленко В.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016.— 160 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72182.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Астайкин А.И. Теоретические основы радиотехники. Часть первая. Основы теории цепей [Электронный ресурс]/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2003.— 553 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60867.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Астайкин А.И. Теоретические основы радиотехники. Часть вторая. Основы теории сигналов [Электронный ресурс]/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2004.— 335 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60868.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Исследование резонансного усилителя на биполярном транзисторе [Электронный ресурс] : метод. указания к изучению дисциплины "Устройства генерирования и формирования сигналов" для студентов специальности 200700 "Радиотехника" и курсантов специальности 201300 "Эксплуатация транспортного радиооборудования" / Гос. ком. Рос. Федерации по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. радиотехники и радиотелекоммуникац. систем ; сост. А. Н. Суслов, А. В. Гурин. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 312 Кб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана.
5. Астайкин А.И. Теоретические основы радиотехники. Часть третья. Сигналы в радиотехнических цепях [Электронный ресурс]/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2004.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60963.html>.— ЭБС «IPRbooks»