

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 22

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

Ю.В. Бакшеева

(инициалы, фамилия)



(подпись)

24 июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Радиолокационные системы с синтезированной апертурой»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	03.04.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Радиофизика
Наименование направленности	Радиотехнические системы и комплексы
Форма обучения	очная
Год приема	2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Проф., д.т.н., проф.  
(должность, уч. степень,  
звание)

 17.06.2024  
(подпись, дата)

Монаков А. А.  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 22

17 июня 2024 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой № 22

к.т.н., доц.  
(уч. степень, звание)

 17.06.2024  
(подпись, дата)

Н.В. Поваренкин  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

 17.06.2024  
(подпись, дата)

Н.В. Марковская  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Радиолокационные системы с синтезированной апертурой» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 03.04.03 «Радиофизика» направленности «Радиотехнические системы и комплексы». Дисциплина реализуется кафедрой «№22».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способен проводить исследования в области совершенствования характеристик радиолокационных систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с особенностями когерентной обработки сигналов с радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны и применением данных систем для получения радиолокационных изображений земной поверхности.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Получение обучающимися необходимых знаний, умений и навыков в области разработки радиолокаторов с синтезированной апертурой антенны.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен проводить исследования в области совершенствования характеристик радиолокационных систем	ПК-2.3.1 знать теоретические основы радиолокации ПК-2.В.1 владеть навыками расчета основных качественных показателей радиолокационных систем

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Статистическая радиофизика»,
- «Основы теории радиосистем и комплексов управления»,
- «Математическое моделирование в радиофизике»,
- «Пространственно-временная обработка сигналов»,
- «Математические методы в радиофизике».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при подготовке магистерской диссертации.

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№3
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	4/ 144	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>	17	17
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34

практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	54	54
<b>Самостоятельная работа</b> , всего (час)	39	39
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
<b>Семестр 3</b>					
Раздел 1. Принципы когерентной обработки сигналов Тема 1.1. Когерентные радиолокационные сигналы. Тема 1.2. Фазированные антенные решётки Тема 1.3. Сигналы с внутриимпульсной частотной модуляцией	8	4			9
Раздел 2. Принципы построения РСА (радиолокаторов с синтезированием апертуры) Тема 2.1. Траекторный сигнал. Тема 2.2. Синтезирование апертуры. Тема 2.3. Миграции светящихся точек по дальности.	10	5			10
Раздел 3. Автофокусировка радиолокационных изображений (РЛИ) Тема 3.1. Факторы, влияющие на качество РЛИ. Тема 3.2. Автофокусировка методом оптимизации функций качества РЛИ. Тема 3.3. Автофокусировка методом оценки фазовых искажений траекторного сигнала.	8	8			10
Раздел 4. Применение методов синтеза апертуры антенны Тема 4.1. Наблюдение поверхности Земли из космоса. Тема 4.2. Радиовысотометр как радиолокатор с синтезированной апертурой. Тема 4.3. Инверсное синтезирование апертуры. Тема 4.4. РЛИ движущихся целей.	8				10
Итого в семестре:	34	17			39
Итого	34	17	0	0	39

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Принципы когерентной обработки сигналов</p> <p>Тема 1.1. Когерентные радиолокационные сигналы. Определение когерентного сигнала. Спектр когерентной последовательности импульсов. Функция неопределённости, разрешающая способность.</p> <p>Тема 1.2. Фазированные антенные решётки Формирование диаграммы направленности ФАР. Множитель решетки. Формирование ДН с одним и несколькими лучами. Боковые лепестки ДН.</p> <p>Тема 1.3. Сигналы с внутриимпульсной частотной модуляцией Сжатие импульсов с внутриимпульсной модуляцией. Согласованная фильтрация. Сжатие ЛЧМ импульса. Сжатие ФМ импульса. Снижение уровня боковых лепестков сжатого сигнала.</p>
2	<p>Раздел 2. Принципы построения РСА (радиолокаторов с синтезированием апертуры)</p> <p>Тема 2.1. Траекторный сигнал. Траекторный сигнал как двухмерный массив в координатах дальность – азимут. «Быстрое время» и «медленное время». Спектральные представления траекторного сигнала.</p> <p>Тема 2.2. Синтезирование апертуры. Алгоритмы обработки сигналов РСА. Истинное фокусирование апертуры и доплеровское обужение луча. Разрешающая способность по дальности и <a href="#">азимуту</a>.</p> <p>Тема 2.3. Миграции светящихся точек по дальности. Явление миграции светящихся точек как фактор, ухудшающий качество РЛИ. Методы компенсации миграции, использующие аппроксимацию. Методы компенсации миграции без аппроксимации.</p>
3	<p>Раздел 3. Автофокусировка радиолокационных изображений (РЛИ)</p> <p>Тема 3.1. Факторы, влияющие на качество РЛИ. Влияние траекторных нестабильностей и среды распространения на качество РЛИ. Предельно допустимая фазовая ошибка.</p> <p>Тема 3.2. Автофокусировка методом оптимизации функций качества РЛИ. Автофокусировка методом минимизации энтропии РЛИ. Автофокусировка методом максимизации резкости РЛИ.</p> <p>Тема 3.3. Автофокусировка методом оценки фазовых искажений траекторного сигнала. Метод оценки градиента фазы (PGA). Алгоритма оценивания полиномиальных коэффициентов фазы и их применение для компенсации</p>

	фазовых искажений.
4	<p>Раздел 4. Применение методов синтеза антенны</p> <p>Тема 4.1. Наблюдение поверхности Земли из космоса. РСА космического базирования. Примеры действующих систем.</p> <p>Тема 4.2. Радиовысотометр как радиолокатор с синтезированной апертурой. Особенности современных радиовысотометров (РВ). Обработка сигналов в РВ, использующая принципы РСА.</p> <p>Тема 4.3. Инверсное синтезирование апертуры. Использование собственного движения цели для построения ее РЛИ. Примеры систем инверсного синтеза.</p> <p>Тема 4.4. РЛИ движущихся целей. Постановка задачи получения РЛИ движущейся цели. Методы получения РЛИ движущихся целей. Методы «замкового камня» (Keystone Transform).</p>

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 3					
1	Структурная схема РСА. Когерентные и псевдокогерентные РСА. Модуляция зондирующего сигнала. Характеристики антенной системы.	Решение задач. Математическое моделирование.	4	4	1
2	Алгоритмы обработки сигналов РСА. Оптическая система обработки. Цифровые системы обработки.	Решение задач. Математическое моделирование.	5	5	2
3	Влияние искажений траекторного сигнала на характеристики РСА. Компенсация траекторных нестабильностей. Автофокусировка изображения в РСА.	Решение задач. Математическое моделирование.	4	4	3
4	Разрешающая способность, динамический диапазон. Характеристики зоны обзора. Дальность обнаружения и точность измерения координат целей.	Решение задач. Математическое моделирование.	4	4	3
Всего			17	17	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 3, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	39	39
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		
Всего:	39	39

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.396.9	Радиолокационные и	12

Б19	радионавигационные системы : учебное пособие для студентов радиотехнических специальностей вузов / П. А.Бакулев, Сосновский А. А.;П. А.Бакут. - учеб. изд. - М. : Радио и связь, 1994. - 296 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. : с. 292 - 293 (26 назв.). - ISBN 5-256-00148-0 : 5500.00 р. - Текст : непосредственный.	
621.396.9 Р15	Радиолокационные станции обзора Земли / Г. С. Кондратенков, В. А. Потехин, А. П. Реутов, Ю. А. Феоктистов. - М. : Радио и связь, 1983. - 272 с. : ил., граф., табл. - Библиогр. : с. 268 - 270 (67 назв.). - 1.10 р. - Текст : непосредственный.	11
621.396 А 20	Авиационные системы радиовидения / В. Н. Антипов [и др.]; ред. Г. С. Кондратенков. - М. : Радиотехника, 2015. - 648 с. - (Бортовые аэронавигационные системы). - Библиогр.: с. 645 - 648 (64 назв.). - ISBN 978-5-93108-105-2 : 2187.90 р. - Текст : непосредственный.	5
621.396 С 75	Среднеорбитальные спутниковые радионавигационные системы : сборник / ред. М. С. Ярлыков [и др.]. - М. : Радиотехника, 2000. - 112 с. : рис. - (Научно-технические серии ; вып. 2, 2000. Радиосвязь и связь ; № 1). - ISBN 5-88070-041-0 : 50.00 р. - Текст : непосредственный	7
621.396.9 В 31	Верба, В. С. Обнаружение наземных объектов. Радиолокационные системы обнаружения и наведения воздушного базирования / В. С. Верба ; авт. предисл. Ю. В. Гуляев. - М. : Радиотехника, 2007. - 360 с. : рис., табл. - (Системы	10

	мониторинга воздушного, космического пространства и земной поверхности). - Библиогр.: с. 339 - 356. - ISBN 978-5-88070-156-8 : 739.00 р. - Текст : непосредственный.	
621.396.9(ГУАП) Н54	Неронский, Леон Богуславович. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности земли и атмосферы . Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны : учебное пособие / Л. Б. Неронский, В. Ф. Михайлов, И. В. Брагин ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 1999. - 220 с. : рис., схем. - Библиогр. : 197 - 200 (36 назв.). - ISBN 5-8088-0026-9 : б/ц. - Текст : непосредственный.	8

#### 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
	Не предусмотрено

#### 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Мультимедийная лекционная аудитория	

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> </ul>

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	<p>1. Определение когерентного сигнала. Спектр когерентной последовательности импульсов. Функция неопределённости, разрешающая способность.</p> <p>2. Формирование диаграммы направленности ФАР. Множитель решетки. Формирование ДН с одним и несколькими лучами. Боковые лепестки ДН.</p> <p>3. Сжатие ЛЧМ импульса. Снижение уровня боковых лепестков сжатого сигнала.</p> <p>4. Сжатие ФМ импульса. Снижение уровня боковых лепестков сжатого сигнала.</p> <p>5. Траекторный сигнал как двухмерный массив в координатах дальность – азимут. «Быстрое время» и «медленное время». Спектральные представления траекторного сигнала.</p> <p>6. Алгоритмы обработки сигналов РСА.</p> <p>7. Истинное фокусирование апертуры и доплеровское обужение луча. Разрешающая способность по дальности и азимуту.</p> <p>8. Явление миграции светящихся точек.</p> <p>9. Методы компенсации миграции. Метод Столта, метод оратной проекции, метод "замкового камня".</p>	ПК-2.3.1
	<p>10. Влияние траекторных нестабильностей и среды распространения на качество РЛИ. Предельно допустимая фазовая ошибка.</p> <p>11. Автофокусировка методом оптимизации функций качества РЛИ. Автофокусировка методом минимизации энтропии РЛИ. Автофокусировка методом максимизации резкости РЛИ.</p> <p>12. Автофокусировка методом оценки фазовых искажений траекторного сигнала. Метод оценки градиента фазы (PGA).</p> <p>13. Алгоритма оценивания полиномиальных коэффициентов фазы и их применение для компенсации</p>	ПК-2.В.1

	фазовых искажений траекторного сигнала. 14. Наблюдение поверхности Земли из космоса. РСА космического базирования. 15. Радиовысотомер как радиолокатор с синтезированной апертурой. Обработка сигналов в РВ, использующая принципы РСА. 16. Инверсное синтезирование апертуры. 17. РЛИ движущихся целей. Методы получения РЛИ движущихся целей.	
--	---	--

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
 Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	<p>1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора</p> <p>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</p> <p><b>1. Можно ли синтезировать обнаружитель сигнала с вероятностью правильного обнаружения <math>D = 1</math>.</b></p> <p>1. Нельзя.</p> <p>2. Можно в некоторых случаях.</p> <p>3. Можно всегда.</p> <p><b>Ответ:</b> 3. Вероятность правильного обнаружения – условная вероятность события, когда выносится решение «сигнал есть» при условии, что в принимаемом сигнале он присутствует. Поэтому, если вне зависимости от присутствия или отсутствия сигнала в принимаемом сигнале всегда выносить решение «сигнал есть», то вероятность правильного обнаружения будет равна 1. При этом и вероятность ложной тревоги тоже всегда будет равна 1.</p>	ПК-2

2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

**1. Выберите факторы влияющие на точность измерения дальности импульсным методом при использовании простого сигнала. Обоснуйте выбор ответов.**

1. Несущая частота импульса.
2. Ширина полосы частот, занимаемая спектром импульса.
3. Поляризация сигнала.
4. Длительность импульса.
5. Средняя мощность шума в приемном тракте.

**Ответ:** 2, 4, 5. Точность оценки времени задержки определяется отношением сигнал/шум и эффективной шириной полосы сигнала. При простом сигнале длительность импульса обратно пропорциональна ширине спектра. Поэтому факторы 2, 4 и 5 влияют на точность оценки дальности.

3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия

Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце.

**1. Установите соответствие между методами измерения радионавигационных параметров и уравнениями для потенциальной точности их оценивания.<sup>1)</sup>**

Метод измерения		Уравнение	
А	Импульсный метод измерения дальности	1	$\sigma = \frac{\lambda}{2^{3/2} \pi q}$
Б	Фазовый метод измерения дальности	2	$\sigma = \frac{\lambda}{4\pi q T}$
В	Частотный метод измерения дальности	3	$\sigma = \frac{c}{2\Delta\Omega q}$
Г	Доплеровский метод измерения скорости	4	$\sigma = \frac{c}{\Delta\Omega q}$

**Ответ:** А4, Б1, В3, Г2

4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности

Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо.

**1. Три радионавигационные точки расположены на окружности в**

вершинах равнобедренного треугольника с углом при вершине  $\alpha$ . Стоящие в точках приемные станции с одинаковой точностью измеряют дальность. Расположите радионавигационные системы в порядке увеличения точности оценки местоположения объекта, находящегося в центре окружности.

$$A - \alpha = 0.1 \cdot \pi.$$

$$B - \alpha = 0.2 \cdot \pi.$$

$$B - \alpha = 0.3 \cdot \pi.$$

$$Г - \alpha = 0.4 \cdot \pi.$$

$$Д - \alpha = 0.5 \cdot \pi.$$

**Ответ:** АБДГВ

5 тип) Задание открытого типа с развернутым ответом.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

**1. Определите доплеровские сдвиги частот сигналов, принимаемых в каналах двухлучевого ДИСС, если: а) воздушная скорость воздушного судна  $V = 720$  км/ч; б) скорость ветра  $U = 40$  м/с; в) направление бокового ветра составляет  $\theta = 90^\circ$  относительно продольной оси; г) угол наклона луча антенны относительно горизонта  $\gamma = 30^\circ$ ; д) лучи расположены симметрично относительно оси воздушного судна под углом  $\alpha = 90^\circ$  друг к другу; е). рабочая частота ДИСС  $f_0 = 9$  ГГц.**

**Решение:**

$$\begin{cases} \mathbf{e}_1 = \left[ \cos \frac{\alpha}{2} \cos \gamma, -\sin \gamma, -\sin \frac{\alpha}{2} \cos \gamma \right] \\ \mathbf{e}_2 = \left[ \cos \frac{\alpha}{2} \cos \gamma, -\sin \gamma, \sin \frac{\alpha}{2} \cos \gamma \right] \end{cases}$$

$$\mathbf{W} = [V, 0, U]$$

$$\begin{cases} F_{Д1} = \frac{2}{\lambda} (\mathbf{W}, \mathbf{e}_1) = \frac{2}{\lambda} \left( V \cos \frac{\alpha}{2} \cos \gamma - U \sin \frac{\alpha}{2} \cos \gamma \right) = 5.878 \text{ кГц} \\ F_{Д2} = \frac{2}{\lambda} (\mathbf{W}, \mathbf{e}_2) = \frac{2}{\lambda} \left( V \cos \frac{\alpha}{2} \cos \gamma + U \sin \frac{\alpha}{2} \cos \gamma \right) = 8.818 \text{ кГц} \end{cases}$$

**Ответ:**  $F_{Д1} = 5.878$  кГц,  $F_{Д2} = 8.818$  кГц

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### 11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

#### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

### 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

#### Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

Практические работы выполняются в соответствии с индивидуальным заданием. Таблицы заданий приведены в методическом пособии (см. п. 4.3, Табл. 5).

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине.

#### 11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

#### 11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой