

**Публичное акционерное общество «Научно-производственное  
объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина»**

**(ПАО «НПО «Алмаз»)**

**НОЦ № 6, аспирантура**

**ПРИНЯТО**

HTC ПАО «НПО «Алмаз»

протокол №8/НОЦ от 31.08.2017

**УТВЕРЖДАЮ**

**Начальник НОЦ № 6**

Д.А. Леманский



«*Д.А. Леманский*» 2017 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

***дисциплины***

**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ»**

*Направление*      **11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи»**

*Направленность* **«Радиолокация и радионавигация»**

**Форма обучения:**

**Заочная**

**Москва – 2017**

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, учебного плана ПАО «НПО «Алмаз» по направлению подготовки 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи», направленность «Радиолокация и радионавигация».

Автор (авторы) программы:

Парамонов Алексей Анатольевич – заведующий кафедрой № 2 д.т.н. профессор

Одобрена на совместном заседании кафедр № 1 и № 2 "Системный анализ, управление и обработка информации", «Радиолокация и радионавигация» 19 августа 2017 г.

Зав. кафедрой № 1

д.т.н. профессор



Губонин Н.С.

Зав. кафедрой № 2

д.т.н. профессор



Парамонов А.А.

Начальник аспирантуры



Кваша Т.В.

## **1. Область применения и нормативные ссылки**

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и для аспирантов, обучающихся по направленности «Радиолокация и радионавигация».

Программа разработана в соответствии с:

- Федеральными государственными образовательными стандартами;
- Рабочим учебным планом НОЦ-6 подготовки аспирантов по направленности «Радиолокация и радионавигация», утвержденным в 2017 г.

## **2. Цели и задачи учебной дисциплины**

Дисциплина «Математическое моделирование радиолокационных систем» имеет целью обучение аспирантов нам принципам математического моделирования радиолокационных систем.

Задача дисциплины – углубленная подготовка аспирантов в области математического моделирования радиолокационных систем (РЛС) и проведения всестороннего анализа работы РЛС на основе проведенных численных экспериментов.

Дисциплина «Математическое моделирование радиолокационных систем» относится к вариативной части учебного плана. Для успешного освоения данной дисциплины необходимо, чтобы аспирант владел знаниями, умениями и навыками, сформированными в процессе получения высшего образования по специальностям направлений «Электроника, радиотехника и системы связи», «Автоматика и управление», «Информатика и вычислительная техника», «Приборостроение и оптотехника» и смежных направлений.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**• знать:**

- различные способы математического моделирования сложных радиолокационных систем, их преимущества, ограничения и области применения;
- основные принципы математического моделирования процессов измерения координат объектов, работы приемо-передающих антенн, в том числе ФАР и АФАР;
- основные требования к математическим моделям радиолокационных систем;
- основные виды моделирования сигналов, применяемых в РЛС;
- основные требования к структуре и составу математической модели РЛС, определяемые целями ее построения;

**• уметь:**

- пользоваться основными источниками научной информации;
- разрабатывать структуру математической модели радиолокационной системы при заданных требованиях на нее;
- проводить анализ достоверности результатов моделирования и оценку их соответствия теоретическим и экспериментальным исследованиям;
- обобщать известные и новые результаты и формулировать новые научные задачи на их основе.

**• иметь навыки:**

- проведения работ по созданию математических моделей РЛС, в том числе их программирования на языках высокого уровня;
- критической оценки своих научных результатов и результатов, полученных другими исследователями.

В результате освоения дисциплины аспирант приобретает следующие компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).
- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших методов математического моделирования (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5);
- способность выявления системных связей и закономерностей функционирования радиолокационных систем в составе современных комплексов ВКО (ПК-6);
- способность использования методов статистического моделирования при построении РЛС для повышения эффективности решения задач ВКО (ПК-8).

#### **4. Место дисциплины в структуре знаний и компетенций аспиранта:**

Для освоения учебной дисциплины аспирант должен владеть следующими знаниями и компетенциями:

- Способностью использовать результаты освоения фундаментальных и прикладных дисциплин, изученных на предыдущих ступенях образования (магистратура, специалитет).
- Способностью понимать основные научно-технические проблемы в области радиолокации и радионавигации.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при:

- проведении научных исследований;
- выполнении выпускной квалификационной работы;
- подготовке кандидатской диссертации.

## 5. Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Учебно-научные конференции	
1	Введение	24,0	2,0	2,0	20,0
2	Цели и задачи моделирования РЛС. Общие принципы построения математических моделей РЛС	22,0	2,0	10,0	14,0
3	Разработка структуры и функциональных связей элементов математических моделей РЛС	52,0	2,0	10,0	40,0
4	Математическое моделирование систем измерения угловых координат, дальности и доплеровской скорости	52,0	2,0	6,0	40,0
5	Методы математического моделирования современных способов цифровой обработки сигналов	38,0	2,0	16,0	30,0
6	Способы проверки адекватности математических моделей РЛС. оценка степени достоверности получаемых результатов	26,0	2,0	6,0	18,0
7	Заключение	2,0	2,0	2,0	0,0
	Итого	216,0	14,0	40,0	162,0

## 6. Формы контроля знаний аспирантов

Тип контроля	Форма контроля	Аудиторные часы	Параметры
Текущий	Выступление на учебно-научной конференции	35	Доклад с демонстрацией слайдов (10-15 мин.), обсуждение докладов.
Итоговый	экзамен	1	Устный опрос на экзамене.
	Итого	36	

Для текущего контроля указано количество выступлений.

Для итогового контроля – отметка, в каком семестре проводится.

## **7. Критерии оценки знаний, навыков**

1. Критерии оценки работы на учебно-научных конференциях: 1) знание материала, 2) умение сообщать материал, 3) умение дополнять ответы, 4) умение задавать существенные вопросы и формулировать проблему, 5) умение готовить и презентовать доклады, 6) посещаемость.

2. Критерии оценки самостоятельной работы: 1) умение найти в отечественной и зарубежной литературе и выделить наиболее важные публикации по изучаемым темам учебной дисциплины, 2) умение обобщать и структурировать научные данные из этих публикаций, 3) владение основными понятиями и терминологией.

3. Критерии оценки ответа на зачёте: 1) умение четко изложить постановку вопроса, его значение и роль в научном исследовании, 2) знание возможных взглядов и теорий, относящихся к обсуждаемой на зачете теме, 3) умение аргументировано изложить тот взгляд, который, по мнению аспиранта, является правильным 4) творческий подход к решению задачи.

### **Критерии оценки по дисциплине**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии</b>
Зачтено	Оценка выставляется только при условии четырех успешных выступлений на учебно-научных конференциях и полного ответа по всем или по большинству заданных на зачете вопросов.
Не зачтено	Отсутствие без уважительных причин четырех успешных выступлений на учебно-научных конференциях. Ответ на зачете на большинство вопросов неудовлетворителен.

Вопросы к зачету не приводятся. Вопросник составляется в конце учебного года с учетом содержания докладов на учебно-научных конференциях.

## **8. Содержание дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Содержание раздела</b>
1	Введение	Предмет, цель и задачи дисциплины. Структурное построение материала курса. Организация учебно-научных конференций и самостоятельной работы аспирантов. Основная терминология дисциплины. Общее место математического моделирования при разработке РЛС.
2	Цели и задачи моделирования РЛС. Общие принципы построения математических моделей РЛС	Цели численных экспериментов на различных этапах проектирования РЛС. Принципы математического моделирования РЛС. Виды математических моделей, их преимущества и недостатки.
3	Разработка структуры и функциональных связей элементов математических моделей РЛС	Структура математических моделей РЛС и ее соответствие структуре РЛС. Статистические и имитационные модели. Элементы модели, отвечающие за различные подсистемы РЛС. Определение основных параметров модели. Определение критериев оценки результатов моделирования.
4	Математическое моделирование систем измерения угловых координат	Моделирование измерения угловых координат при наличии шумов. Моделирование измерения

	ловых координат, дальности и доплеровской скорости	дальности и доплеровской скорости при наличии шумов. Методы моделирования внешних естественных и искусственных помех. Моделирование методов повышения помехоустойчивости. Моделирование диаграммы направленности антенн.
5	Методы математического моделирования современных способов цифровой обработки сигналов	Моделирование методов цифровой обработки сигналов для повышения достоверности получаемой информации. Моделирование работы алгоритмов обработки сигналов с учетом их реализации на ПЛИС.
6	Способы проверки адекватности математических моделей РЛС. Оценка степени достоверности получаемых результатов	Задача проверки адекватности математических моделей РЛС. Критерии соответствия результатов математического моделирования и численного эксперимента. Границы соответствия результатов. Определение степени достоверности результатов моделирования.
7	Заключение	Современные возможности математического моделирования РЛС применительно к системам ВКО. Нерешенные проблемы. Направления развития.

## 9. Образовательные технологии

Используются следующие образовательные технологии: выступления обучающихся на учебно-научных конференциях с подробным обсуждением существа доложенного материала и способов его доведения до аудитории, разбор практических производственных и диссертационных задач. Предусмотрены в рамках курса встречи (лекции) с ведущими специалистами ПАО «НПО «Алмаз» им. академика А.А. Расплетина».

## 10. Примерные темы учебно-научных семинаров

1. Место математического моделирования в процессе разработки и испытаний РЛС
2. Различные виды математических моделей, используемых при проектировании, испытаниях и эксплуатации РЛС.
3. Основные принципы построения математических моделей РЛС.
4. Структура и функциональные связи математических моделей РЛС различных видов.
5. Математическое моделирование способов измерения угловых координат. Многолучевое распространение сигналов и его моделирование.
6. Математическое моделирование способов измерения дальности и доплеровской скорости. Вскрытие неопределенности.
7. Цифровая обработка сигнала как способ повышения точности РЛС.
8. Оценка эффективности цифровой обработки сигналов с использованием математического моделирования.
9. Примеры математических моделей РЛС, их сильные стороны и ограничения.
10. Способы проверки адекватности математических моделей РЛС.
11. Оценка соответствия результатов математического моделирования и данных реальных экспериментов.
12. Проектирование РЛС с использованием математического моделирования.

## **11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Основная литература**

1. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2003, 496 с.
2. Теоретические основы радиолокации. Под ред. Я.Д. Ширмана. Учебное пособие для вузов. – М.: Сов. радио, 1970. – 560 с.
3. Горбунов Ю.Н., Лобанов Б.С., Куликов Г.В. Введение в стохастическую радиолокацию. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2015. – 376 с.
4. Информационные технологии в радиотехнических системах. Под ред. И.Б. Федорова. М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2004, 297 с.

### **Справочники, словари, энциклопедии**

Электронные версии изданий справочников, словарей или электронные справочники аспиранты ищут самостоятельно.

## **12. Оценочные средства для текущего (промежуточного) контроля аспиранта**

### **Тематика заданий текущего (промежуточного) контроля**

Так как промежуточный контроль проводится в форме оценки активности участия аспиранта в учебно-научных семинарах (см. п.10), то задания текущего (промежуточного) контроля не составляются и не используются. Тема выступления каждого аспиранта на учебно-научном или научном семинаре увязывается с направлением его практики и научной работы.

### **Вопросы для оценки качества освоения дисциплины при итоговом зачёте в форме устного опроса**

Примерный перечень вопросов для оценки качества освоения дисциплины.

1. Место математического моделирования при разработке РЛС.
2. Различные типы математических моделей, их преимущества и недостатки.
3. Статистические и имитационные модели РЛС.
4. Цели численных экспериментов на различных этапах проектирования РЛС.
5. Принципы математического моделирования РЛС.
6. Модель измерения угловых координат при наличии шумов.
7. Модель измерения дальности и доплеровской скорости при наличии шумов.
8. Моделирование внешних естественных и искусственных помех.
9. Моделирование диаграммы направленности антенн.
10. Моделирование методов цифровой обработки сигналов.
11. Моделирование работы алгоритмов обработки сигналов.
12. Проверка адекватности математических моделей РЛС.
13. Критерии соответствия результатов математического моделирования и численного эксперимента.
14. Определение степени достоверности результатов моделирования.

## **Примеры заданий итогового контроля при итоговом зачёте в форме устного опроса**

Билет для итогового зачёта в форме устного опроса содержит два вопроса, преимущественно – из вышеприведенного перечня вопросов. Билеты составляются перед зачётом с привязкой к темам самостоятельных работ аспирантов (для иллюстрации научных положений и выводов при ответе).

### **13. Программные средства**

Для успешного освоения дисциплины, аспирант использует следующие программные средства:

- программное обеспечение ПАО «НПО «Алмаз»;
- базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.

Рекомендуется использовать Интернет-ресурсы для поиска информации при подготовке к учебно-научным конференциям.

### **14. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническое обеспечение дисциплины базируется на материально-техническом обеспечении НОЦ-6 и других подразделений ПАО «НПО «Алмаз».