

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального конструктора по
программно-целевому развитию,
директор научно-образовательного комплекса,

д.т.н., профессор

В.М. Балашов

2021 г.

Утверждена решением НТС
№ 01-03/21 от 27.01.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ БОРТОВЫХ
УСТРОЙСТВ**

**Укрупненная группа направлений
подготовки и специальностей:** 11.00.00 Электроника, радиотехника и
системы связи

Направление подготовки: 11.06.01 Электроника, радиотехника и
системы связи

Направленность: Радиолокация и радионавигация

Уровень высшего образования: Подготовка научно-педагогических кадров
высшей квалификации в аспирантуре

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-
исследователь

Форма обучения: Очная

СПб, 2021 г.

Аннотация

Дисциплина «Современные тенденции разработки цифровых бортовых устройств» является дисциплиной по выбору вариативной части структуры образовательной программы аспирантуры по направлению подготовки 11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи. Дисциплина реализуется центром подготовки кадров высшей квалификации – аспирантурой АО «Научно-производственное предприятие «Радар мmc».

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций аспиранта:
универсальных компетенций:

- 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 планировать решать задачи собственного профессионального и личностного развития (**УК-6**);

общепрофессиональных компетенций:

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (**ОПК-1**);

профессиональных компетенций:

- готовность применять перспективные методы исследования профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов (**ПК-1**);

- умение проводить разработку методик проектирования и оптимизации новых принципов и алгоритмов работы радиолокационных и радионавигационных систем, новых методов их проектирования и обеспечения надежности (**ПК-3**).

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с процессом функционирования КБО АПЛК (базовых и корабельных) при решении ими целевых (по предназначению) боевых задач (поиск ПЛ, слежение за ними, их поражение, целеуказание для береговых и корабельных ракетных комплексов). Предметом курса лекций является ознакомление слушателей курса с существующим математическим (алгоритмическим) обеспечением РЭК патрульной авиации ВМФ РФ и тенденциями его развития (совершенствования) при решении противолодочных задач и задач целеуказания береговым и корабельным ракетным комплексам.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, самостоятельная работа аспиранта, реферат.*

Программой дисциплины предусмотрен вид контроля в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, из них 48 часов лекции и 60 часов самостоятельная работа аспиранта на освоение пройденного материала.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1 Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является ознакомление слушателей курса с существующим математическим (алгоритмическим) обеспечением РЭК патрульной авиации ВМФ РФ и тенденциями его развития (совершенствования) при решении противолодочных задач и задач целеуказания береговым и корабельным ракетным комплексам.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи дисциплины:

- многокритериальный подход в задачах выбора решений;
- быстрое преобразование Фурье;
- практические вопросы параллельных вычислений;
- архитектура реконфигурируемых систем на основе ПЛИС;
- методы и алгоритмы синтеза оптимального управления (обзор);
- аппаратурные методы организации первичной обработки информации;
- методика синтеза адаптивного алгоритма оценивания параметров траектории движущейся цели.

1.2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ООП

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные этапы развития науки и смены научных парадигм, системную периодизацию истории науки и техники;
- определение науки и научной рациональности, отличие науки от других сфер культуры, понятия информации и информационного общества;
- общие теоретические принципы построения устройств и систем в области профессиональной деятельности
- современные методы анализа и проектирования сложных радиолокационных систем и радионавигационных комплексов
- методы анализа и синтеза, оптимизации, технологии изготовления, обеспечения надежности для передачи, приема, извлечения и разрушения информации в средствах радиолокации, радионавигации и радиоуправления

Уметь:

- ставить цели, задачи и применять технологии профессионального самоопределения

- самостоятельно формулировать предметно-научные и методологические проблемы, выдвигать гипотезы для их решения и анализировать их
- владеть методиками научного исследования, включая методы сбора, анализа, систематизации и обработки информации
- интерпретировать, обобщать и прогнозировать результаты экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности
- применять на практике перспективные методы проектирования и оптимизации систем радиолокации и радионавигации
- применять современные методы передачи, приема, извлечения и разрушения информации в средствах радиолокации, радионавигации и радиоуправления на практике в соответствии с выбранными критериями.

В процессе освоения дисциплины у аспирантов должны сформироваться следующие компетенции:

универсальные:

- 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 планировать решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);

общепрофессиональные:

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

профессиональные:

- готовность применять перспективные методы исследования профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов (ПК-1);
- умение проводить разработку методик проектирования и оптимизации новых принципов и алгоритмов работы радиолокационных и радионавигационных систем, новых методов их проектирования и обеспечения надежности (ПК-3).

В результате освоения дисциплины аспирант осваивает следующие профессиональные компетенции (Таблица 1).

Таблица 1 Профессиональные компетенции, приобретаемые при изучении дисциплины

Компетенция	Код	Основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
<i>готовность применять перспективные методы исследования профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов</i>	ПК-1	Знает современные методы анализа и проектирования сложных радиолокационных систем и радионавигационных комплексов Умеет применять на практике перспективные методы проектирования и оптимизации систем радиолокации и радионавигации	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа
<i>умение проводить разработку методик проектирования и оптимизации новых принципов и алгоритмов работы радиолокационных и радионавигационных систем, новых методов их проектирования и обеспечения надежности</i>	ПК-3	Знает методы анализа и синтеза, оптимизации, технологии изготовления, обеспечения надежности для передачи, приема, извлечения и разрушения информации в средствах радиолокации, радионавигации и радиоуправления Умеет применять современные методы передачи, приема, извлечения и разрушения информации в средствах радиолокации, радионавигации и радиоуправления на практике в соответствии с выбранными критериями	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа

2. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина «Современные тенденции разработки цифровых бортовых устройств» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 программы подготовки аспирантов по направлению 11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи, направленность – Радиолокация, радионавигация, и имеет важное значение в обеспечении высокого уровня профессиональной готовности выпускников аспирантуры.

3. Объем дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине представлены в **Таблице 2**.

Таблица 2 Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Направление 11.06.01, форма обучения - очная	
	Всего	Трудоемкость по семестрам
		3 семестр
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	3/108	3/108
<i>Аудиторные занятия, всего час.</i>		
в том числе:		
Лекции (Л), (час)	48	48
Самостоятельная работа, всего (час)	60	60
Вид итогового контроля: зачет		зачет

4. Содержание разделов дисциплины

4.1 Содержание разделов дисциплины

1. История развития отечественной базовой противолодочной и корабельной авиации.

Развитие корабельной авиации. Корабельные авиационные комплексы. Развитие противолодочной авиации. Авиационное противолодочное оружие.

2. Оперативно-тактические и технические условия функционирования базовой противолодочной и корабельной авиации. Исходные данные для формирования оперативно-тактических моделей. Боевые задачи, концепции построения и развития базовой и корабельной авиации. Схемы и условия функционирования базовой и корабельной авиации.

3. Постановка и технология решения задач формирование рациональных обликов, типажа и парков противолодочной и корабельной авиации. Общая постановка задач. Методические подходы. Критерии эффективности базовой противолодочной и корабельной авиации и способы их формирования. Методика формирования рациональных обликов, типажа и парка корабельных авиационных комплексов. Методика формирования рациональных обликов, типажа и парка комплексов базовой противолодочной авиации.

4. Некоторые аспекты математического моделирования боевого функционирования базовой противолодочной и корабельной авиации. Система математических моделей боевого функционирования корабельной авиации при решении задач ПВО. Система математических моделей функционирования противолодочной авиации.

5. Многокритериальный подход в задачах выбора решений. Виды задач выбора решений. Выделение области компромиссов (решений оптимальных по Парето). Принципы справедливого компромисса: чебышевской равномерной оптимизации, интегральной оптимальности, дифференциальной оптимальности жесткого и гибкого приоритета.

6. Оптимизация радиоэлектронных систем управления. Методы и алгоритмы синтеза оптимального управления (обзор). Классификация методов решения задач оптимального управления. Прямые и непрямые способы решения задач управления. Метод динамического программирования. Принцип максимума Понтрягина. Алгоритмы управления, оптимальные по критерию минимума обобщенной работы. Метод обратных задач динамики. Алгоритм управления в постановке Лётова-Калмана. Алгоритм модульного управления и локальной оптимизации.

7. Быстрое преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Аппаратное использование и тестирование БПФ. Требования ЦОС для БПФ приложений в режиме реального времени. Расширение спектров сигналов при БПФ. Использование взвешивания с функцией окна.

8. Основы параллельных вычислений. Методы параллельных вычислений. Моделирование параллельных вычислений. Методика разработки параллельных алгоритмов. Разделение вычислений на независимые части. Выделение информационных зависимостей. Масштабирование информационных задач на подзадачи. Распределение подзадач между процессорами. Анализ эффективности параллельных методов.

9. Аппаратурные методы организации первичной обработки информации от бортовых информационных каналов. Классификация вычислительных систем. Информационная технология параллельной обработки информации. Оценка состояния уровня, тенденций и перспектив развития. Организация параллельной обработки в ИВС комплексов БРЭО.

10. Отображение алгоритмов задач на архитектуру вычислительных систем с широким распараллеливанием вычислений. Согласование архитектуры поддерживающий массовый параллелизм обработки информации. Принцип использования внутренней параллельности решаемой задачи. Принцип адекватности структуры задачи, обмена информации, структурно-процедурного процесса организации вычислений. Отличие предлагаемого метода от существующих.

11. Алгоритмическое обеспечение боевого функционирования патрульных авиационных комплексов при решении тактических задач. Основные задачи, возлагаемые на КБО патрульных ЛА (модели поиска ПЛ, процесса слежения, целеуказания, поражения). Методика синтеза адаптивного алгоритма оценивания параметров траектории движущейся цели. Методика организации автоматизированного функционирования АПЛК при решении боевых задач.

4.2 Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения

Таблица 3. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Название раздела/темы	Аудиторная работа (час)	СРА (час)	Лаб. раб.	Реферат	Итого
	Лекции				
1. История развития отечественной базовой противолодочной и корабельной авиации	2	1			3
2. Оперативно-тактические и технические условия функционирования базовой противолодочной и корабельной авиации	4	2			6
3. Постановка и технология решения задач формирование рациональных обликов, типажа и парков противолодочной и корабельной авиации	4	2			6
4. Некоторые аспекты математического моделирования боевого функционирования базовой противолодочной и корабельной авиации.	4	2			6

5. Многокритериальный подход в задачах выбора решений.	3	4		20	27
6. Оптимизация радиоэлектронных систем управления. Методы и алгоритмы синтеза оптимального управления (обзор)	5	3			8
7. Быстрое преобразование Фурье	5	4			9
8. Основы параллельных вычислений	5	4	10		19
9. Аппаратурные методы организации первичной обработки информации от бортовых информационных каналов	5	3			8
10. Отображение алгоритмов задач на архитектуру вычислительных систем с широким распараллеливанием вычислений	5	3			8
11. Алгоритмическое обеспечение боевого функционирования патрульных авиационных комплексов при решении тактических задач	6	2			9
Зачет					
Итого	48	30	10	20	108

4.3 Практических и семинарских занятий не предусмотрено.

4.4 Лабораторная работа

Тема: «Параллельное вычисление числа π ».

4.5 Курсовое проектирование не предусмотрено.

Задание для реферата: обоснование темы диссертационного исследования.

4.6 Самостоятельная работа аспирантов.

Самостоятельная работа аспирантов представлена в **Таблице 4**. Контроль самостоятельной работы осуществляется в виде собеседования на зачете.

Таблица 4. Самостоятельная работа аспиранта

Вид самостоятельной работы	Всего часов
Изучение теоретического материала дисциплины	30
Лабораторная работа	10
Написание реферата	20

Вопросы к зачету

1. Развитие корабельной авиации.
2. Корабельные авиационные комплексы.
3. Развитие противолодочной авиации. Авиационное противолодочное оружие.

4. Исходные данные для формирования оперативно-тактических моделей.
5. Боевые задачи, концепции построения и развития базовой и корабельной авиации.
6. Схемы и условия функционирования базовой и корабельной авиации.
7. Общая постановка задач формирования рациональных обликов, типажа и парков противолодочной и корабельной авиации.
8. Методические подходы формирования рациональных обликов, типажа и парков противолодочной и корабельной авиации.
9. Критерии эффективности базовой противолодочной и корабельной авиации и способы их формирования.
10. Методика формирования рациональных обликов, типажа и парка корабельных авиационных комплексов.
11. Методика формирования рациональных обликов, типажа и парка комплексов базовой противолодочной авиации.
12. Система математических моделей боевого функционирования корабельной авиации при решении задач ПВО.
13. Система математических моделей функционирования противолодочной авиации.
14. Виды задач выбора решений.
15. Выделение области компромиссов (решений оптимальных по Парето).
16. Принципы справедливого компромисса: чебышевской равномерной оптимизации, интегральной оптимальности, дифференциальной оптимальности жесткого и гибкого приоритета.
17. Классификация методов решения задач оптимального управления.
18. Прямые и непрямые способы решения задач управления.
19. Метод динамического программирования.
20. Принцип максимума Понтрягина.
21. Алгоритмы управления, оптимальные по критерию минимума обобщенной работы.
22. Метод обратных задач динамики.
23. Алгоритм управления в постановке Лётова-Калмана.
24. Алгоритм модульного управления и локальной оптимизации.
25. Дискретное преобразование Фурье.
26. Быстрое преобразование Фурье.
27. Аппаратное использование и тестирование БПФ. Требования ЦОС для БПФ приложений в режиме реального времени. Расширение спектров сигналов при БПФ. Использование взвешивания с функцией окна.
28. Методы параллельных вычислений.

29. Моделирование параллельных вычислений.
30. Методика разработки параллельных алгоритмов.
31. Разделение вычислений на независимые части.
32. Выделение информационных зависимостей. Масштабирование информационных задач на подзадачи. Распределение подзадач между процессорами.
33. Анализ эффективности параллельных методов.
34. Классификация вычислительных систем.
35. Информационная технология параллельной обработки информации.
36. Оценка состояния уровня, тенденций и перспектив развития.
37. Организация параллельной обработки в ИВС комплексов БРЭО.
38. Согласование архитектуры поддерживающий массовый параллелизм обработки информации.
39. Принцип использования внутренней параллельности решаемой задачи.
40. Принцип адекватности структуры задачи, обмена информации, структурно-процедурного процесса организации вычислений. Отличие предлагаемого метода от существующих.
41. Основные задачи, возлагаемые на КБО патрульных ЛА (модели поиска ПЛ, процесса слежения, целеуказания, поражения).
42. Методика синтеза адаптивного алгоритма оценивания параметров траектории движущейся цели.
43. Методика организации автоматизированного функционирования АПЛК при решении боевых задач.

5. Фонд оценочных средств для проведения аттестации обучающихся по дисциплине

5.1 Текущий контроль

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Современные тенденции разработки цифровых бортовых устройств

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенции	Критерии оценивания	Оценочные средства	Шкала оценивания
1	История развития отечественной базовой противолодочной и корабельной авиации	ОПК-1	Знать: задачи возлагаемые на БПЛА и КА; Уметь: оценить научно-технический уровень БПЛА и КА; Владеть: научно-методическим аппаратом оценки функционирования этого вида ВВТ		
2	Оперативно-тактические и технические условия	ПК-3	Знать: внешнюю среду определяющую качество		

	функционирования базовой противолодочной и корабельной авиации		функционирования БПЛА и КА; Уметь: определить оперативно-тактические схемы применения БПЛА и КА; Владеть: научно-методическим аппаратом оценки уровня функционирования на эффективность ВВТ		
3	Постановка и технология решения задач формирование рациональных обликов, типажа и парков противолодочной и корабельной авиации	ПК-3	Знать: технологии формирования обликов, типажа и парка БПЛА и КА; Уметь: применить технологии проектирования АК для условий морских и океанских ТВД Владеть: общей технологией внешнего проектирования АК и решения задач формирования оптимального типажа и парков АК для различных условий на МТВД		
4	Некоторые аспекты математического моделирования боевого функционирования базовой противолодочной и корабельной авиации.	ПК-3	Знать: особенности объектов, по которым должна действовать БПЛА и КА; Уметь: учесть в моделях особенность функционирования БПЛА и КА, определяющие их роль и место в составе КПЛС; Владеть: научно-методическим аппаратом оценки качества функционирования ПЛА и КА при решении боевых задач на эффективность ВВТ		
5	Многокритериальный подход в задачах выбора решений.	УК-1 ОПК-1	Знать: проблемы многокритериальной оптимизации; Уметь: выделять области компромиссов для решений оптимальных по Парето; Владеть: научно-методическим	Реферат	Зачтено/ не зачтено

			аппаратом поиска оптимальных решений (принципы чебышевской равномерной оптимизации, принципы интегральной оптимизации, принцип дифференциальной оптимальности, принцип жесткого приоритета, принцип гибкого приоритета)		
6	Оптимизация радиоэлектронных систем управления. Методы и алгоритмы синтеза оптимального управления (обзор)	УК-1 ОПК-1	Знать: возможности и особенности алгоритмов оптимального управления; Уметь: синтезировать радиоэлектронную систему управления способную обеспечить целенаправленное изменение состояния управляемого объекта на основе информации извлекаемой от информационных каналов; Владеть: научно-методическим аппаратом оптимизации при синтезе систем управления по широкому классу функционалов качества		
7	Быстрое преобразование Фурье	УК-1 ОПК-1	Знать: семейство преобразований Фурье; Уметь: использовать аппарат преобразования Фурье для решения задач цифрового спектрального анализа; Владеть: методикой реализации БПФ в реальном масштабе времени		
8	Основы параллельных вычислений	УК-1 ОПК-1	Знать: показатели эффективности параллельных вычислений, методику распараллеливания вычислительных алгоритмов; Уметь: определять подзадачи одинаковой вычислительной сложности, обеспечить	Лабораторная работа	Зачтено/ не зачтено

			<p>низкий уровень информационной зависимости между подзадачами;</p> <p>Владеть: методикой трансформации модели вида «подзадачи – сообщения» в модель графа «процессы – каналы», что позволяет организовать процессы параллельных вычислений</p>		
9	Аппаратурные методы организации первичной обработки информации от бортовых информационных каналов	ПК-1	<p>Знать: недостатки в организации в организации высокопроизводительной обработки информации и способы их устранения;</p> <p>Уметь: использовать технологию распараллеливания вычислений по правилам квазипараллельной арифметики на основе организации глубокой битовой конвейризации вычислений</p> <p>Владеть: методологией отображения алгоритмов решаемых комплексами БРЭО задач на архитектуру вычислительного ядра, поддерживающую массовый параллелизм и глубокую конвейризацию вычислений</p>		
10	Отображение алгоритмов задач на архитектуру вычислительных систем с широким распараллеливанием вычислений	ПК-3	<p>Знать: методологию отображения алгоритмов задач на архитектуру ядра ВС, вычисляющих операции по правилам квазипараллельной арифметики;</p> <p>Уметь: организовать массовый параллелизм обработки информации;</p> <p>Владеть: технологией конвейризации вычислений за счёт побитовой обработки информации обеспечения единого времени выполнения операции</p>		

11	Алгоритмическое обеспечение боевого функционирования патрульных авиационных комплексов при решении тактических задач	ПК-3	Знать: математические модели боевого функционирования МА; Уметь: учесть особенность объектов, по которым действует ПЛА; Владеть: аппаратом оценки эффективности проведения противолодочных операций		
	ИТОГО	УК-1 ОПК-1	Форма контроля	Оценочные средства промежуточной аттестации	Шкала оценивания
			Зачет		Зачтено/ не зачтено

6. Перечень литературы

Основная литература (локальная сеть Предприятия)

1. Авиация российского флота. Под ред. В.Г. Дейнеки, СПб: Судостроение, 1996. – 288 с.
2. Самолеты особого назначения. – Мн.: Харвест, 1999. – 448 с.
3. Авиация ВМФ и научно-технический прогресс: Концепции создания, пути развития, методология исследований/ Под редакцией академика РАН Е.А. Федосова. М.: Дрофа, 2005. – 336 с.
4. Платунов В.С. Методология системных военно-научных исследований авиационных комплексов. – М.: Издательство «Дельта», 2005. – 344 с.
5. Широкоград А.Б. История авиационного вооружения. Краткий очерк / Под общ. Ред. А.Е. Тараса. - Мн: Харвест, 1999, - 560 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

1. https://studopedia.su/2_47169_tendentsii-razvitiya-bortovogo-radioelektronnogo-oborudovaniya.html
2. https://studopedia.su/2_47169_tendentsii-razvitiya-bortovogo-radioelektronnogo-oborudovaniya.html

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- 1) Предметная аудитория, оснащена мультимедийным проектором и экраном, ПК преподавателя - 1 шт.

- 2) Персональные компьютеры (15 шт.), локальная сеть, компьютер с выходом в Интернет - 1 шт.
- 3) Microsoft Windows (№ CTP - 20/01/10 от 20.01.2010)
- 4) Microsoft Office (№ CTP 20/01/10 от 20.01.2010)
- 5) Microsoft Visio (№ CTP 20/01/10 от 20.01.2010)