

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Специальные главы математики

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
09.04.02 - Информационные системы и технологии

Направленность образовательной программы
Информационные системы в научных исследованиях

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.02 Специальные главы математики относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<p>УК-2.1: Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами</p> <p>УК-2.2: Уметь: работать в коллективе, разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p> <p>УК-2.3: Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта.</p>	<p>УК-2.1: Знать: математический аппарат, необходимый для решения профессиональных задач на различных этапах разработки и реализации проектов в области информационных систем и технологий и смежных с ней дисциплинах. Знать: современное состояние науки и техники в области применения методов оптимальной обработки сигналов.</p> <p>УК-2.2: Уметь: работать в команде при совместном проведении работ, направленных на разработку алгоритмов и их исследование. Уметь: ставить конкретные задачи обработки информации в математически корректной форме и решать их, опираясь на математические методы описания и математические модели сигналов и помех. Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа различных вариантов обработки сигналов (экспериментальных данных).</p>	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>УК-2.3:</p> <p>Владеть: навыками проведения исследования влияния различных факторов на устойчивость алгоритмов обработки сигналов в рамках реализации проекта.</p>		
<p>ОПК-1: Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте</p>	<p>ОПК-1.1: Знать: математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-1.2: Уметь решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных, социально-экономических и профессиональных знаний.</p> <p>ОПК-1.3: Иметь навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте</p>	<p>ОПК-1.1:</p> <p>Знать: теоретические основы и математический аппарат при решении конкретных научных задач своей профессиональной деятельности.</p> <p>Знать: оптимальные методы обработки сигналов в информационных и радиотехнических измерительных системах.</p> <p>ОПК-1.2:</p> <p>Уметь: использовать теоретические основы и соответствующий математический аппарат при проведении аналитического анализа и компьютерного моделирования и исследования влияния различных факторов на устойчивость алгоритмов обработки сигналов.</p> <p>Уметь: использовать полученные знания при проектировании и эксплуатации программно-аппаратных комплексов информационных систем.</p> <p>ОПК-1.3:</p> <p>Владеть: методами математического моделирования, исследования характеристик и методами статистической обработки и оценивания параметров сигналов.</p> <p>Владеть: навыками проведения анализа структурных схем устройств аналоговой и цифровой обработки сигналов.</p>	<p>Практическое задание</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

ОПК-3: Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями;	ОПК-3.1: Знать принципы, методы и средства анализа и структурирования профессиональной информации. ОПК-3.2: Уметь: анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров. ОПК-3.3: Иметь навыки: подготовки научных докладов, публикаций и аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями	ОПК-3.1: Знать: основы проведения имитационного математического моделирования, исследования и анализа характеристик алгоритмов обработки сигналов. ОПК-3.2: Уметь: применять полученные теоретические знания и математический аппарат специальных разделов математики при анализе научно-технической литературы, для решения теоретических и экспериментальных задач в области оптимальной обработки сигналов. ОПК-3.3: Владеть соответствующим математическим аппаратом при проведении аналитического анализа и анализа результатов компьютерного моделирования. Владеть навыками подготовки и составления отчетов, оформления результатов в графическом и текстовом форматах.	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы
--	--	---	---------------	---------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	8
Часов по учебному плану	288
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2

самостоятельная работа	193
Промежуточная аттестация	45 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Математические методы в теории обнаружения и обработки сигналов. Понятия сигналов, шумов и помех, модели сигналов и помех в информационных системах.	29	1	4	5	24
Тема 2. Основные характеристики сигналов. Пространство сигналов. Математические операции в пространстве сигналов. Система обработки сигналов.	29	1	4	5	24
Тема 3. Математическое описание и модели случайных сигналов и помех. Модели случайных процессов.	26	2	4	6	20
Тема 4. Методы обнаружения сигналов на фоне помех. Критерии оптимального обнаружения сигналов.	26	2	4	6	20
Тема 5. Коррелятор и согласованный фильтр в структуре оптимального обнаружителя	31	2	4	6	25
Тема 6. Оптимальное оценивание параметров сигналов. Байесовский подход к задаче оптимального оценивания. Оценки максимального правдоподобия.	28	4	4	8	20
Тема 7. Примеры оптимальных алгоритмов оценивания параметров радиосигналов методом максимального правдоподобия. Анализ характеристик оценок.	36	2	4	6	30
Тема 8. Совместные оценки времени запаздывания и частоты сигналов.	36	2	4	6	30
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	288	16	32	50	193

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов осуществляется в следующих формах:

- Работа с компьютерными обучающими программами, электронными учебниками, тестовыми системами.
- Использование профессиональных прикладных программ моделирования физических процессов и методов обработки данных.
- Использование Интернет-ресурсов, электронных библиотек, распределенных и

централизованных издательских систем.

- Использование открытых форм дистанционного обучения с использованием Интернета.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции УК-2

1. Математические методы в теории обнаружения и обработки сигналов: математическое описание сигналов и шумов, понятие системы обработки сигналов, линейные системы обработки и их свойства.
2. Понятие пространства сигналов, линейное пространство N-мерное сигнальное пространство. Базис, норма и метрика N-мерного пространства. Гильбертово пространство.
3. Ортогональность сигналов, примеры ортогональных сигналов и их использование в технических приложениях. Разложение в ряды.
4. Ортогональность сигналов, примеры ортогональных сигналов и их использование в технических приложениях. Разложение в ряды.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Выигрыш в отношении сигнал-помеха за счет оптимальной фильтрации.
2. Задача оптимального оценивания параметров сигналов. Общая формальная постановка задачи. Байесовский подход. Функция потерь.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько не грубых ошибок.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Задание 1. Оценка временной задержки сигналов при многоканальном распространении на основе метода максимального правдоподобия

Задание: при помощи компьютерной программы провести моделирование распространения сигнала по двум каналам, реализовать алгоритм оценки взаимной временной задержки распространения сигнала, исследовать устойчивость реализованного алгоритма к шумам.

Задание 2. Декодирование ФМ4 сигнала, модулированного последовательностью Голда, при помощи согласованной фильтрации

Задание: провести моделирование комплексной огибающей сигнала с ФМ4 манипуляцией, каждые информационные символы которого заменены последовательностью Голда, при помощи согласованной фильтрации восстановить исходную информацию, передаваемую в сигнале.

Задание 3. Оценка временной задержки сигналов при многоканальном распространении в условиях априорной неопределённости несущей частоты на основе обобщённого метода максимального правдоподобия

Задание: при помощи компьютерной программы провести моделирование распространения сигнала по двум каналам с учётом эффекта Доплера, исследовать устойчивость алгоритма оценки временной задержки методом максимального правдоподобия (задание 1) к доплеровскому смещению, реализовать алгоритм оценки взаимной временной задержки распространения сигнала на основе обобщенного метода максимального правдоподобия.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень умений в объеме, соответствующем программе подготовки. Полностью выполнено не менее 2-х заданий.
не зачтено	Выполнено не более 1 задания.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	отказа обучающегося от ответа		ошибок	несколько негрубых ошибок	несколько несущественных ошибок	нет.	
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Отличная подготовка. Студент полностью выполнил практические задания, отвечает полностью на вопросы билета и дополнительные вопросы (задания), выходящие за рамки изученного объема курса и изученных алгоритмов и подходов, проявляя инициативу и творческое мышление.
отлично	Отличная подготовка. Студент полностью выполнил практические задания, отвечает полностью на вопросы билета, самостоятельно решает задачу в рамках изученных алгоритмов и подходов. При ответе на дополнительные вопросы (задания) допускаются незначительные неточности.
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент полностью выполнил практические задания, однако имеются отдельные замечания по представлению и интерпретации полученных результатов. Студент показывает хороший уровень знания вопросов билета, самостоятельно решает задачу и отвечает на вопросы (задания) преподавателя с небольшими неточностями.
хорошо	Хорошая подготовка. Студент полностью выполнил практический задания, однако имеются замечания по представлению и интерпретации полученных результатов. Студент показывает средний уровень знания вопросов билета, решает задачу с наводящими вопросами преподавателя и отвечает на некоторые дополнительные вопросы преподавателя (в рамках билета).
удовлетворительно	Удовлетворительная подготовка. Студент выполнил не менее 2/3 практических заданий, имеются замечания по представлению и интерпретации полученных результатов. Студент показывает удовлетворительное знание вопросов билета и знание базовых понятий, может решить типовую задачу с помощью преподавателя.
неудовлетворительно	Студент выполнил менее 1/3 практический заданий, показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.
плохо	Студент не выполнил практические задания. Подготовка совершенно недостаточна.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции УК-2 (Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла)

1. Математические методы в теории обнаружения и обработки сигналов: математическое описание сигналов и шумов, понятие системы обработки сигналов, линейные системы обработки и их свойства.
2. Понятие пространства сигналов, линейное пространство N -мерное сигнальное пространство. Базис, норма и метрика N -мерного пространства. Гильбертово пространство.
3. Ортогональность сигналов, примеры ортогональных сигналов и их использование в технических приложениях. Разложение в ряды.
4. Спектральные и корреляционные характеристики сигналов и помех.
5. Байесовский риск при обнаружении сигналов.
6. Согласованный фильтр и коррелятор.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-1 (Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте)

1. Обнаружение полностью известного сигнала.
2. Оценки максимального правдоподобия.
3. Критерий оптимальности Неймана-Пирсона.
4. Обнаружение сигналов со случайными параметрами.
5. Обнаружение радиосигнала со случайной фазой.
6. Обнаружение радиосигнала со случайными амплитудой и фазой.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-3 (Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями;)

1. Различение радиосигналов со случайными начальными фазами.
2. Методы определения угла (пеленга) на источник излучения сигналов.
3. Оценка амплитуды полностью известного сигнала.
4. Оптимальная оценка времени прихода и частоты радиосигнала.
5. Понятие функции неопределенности радиосигналов.

6. Простые и сложные радиосигналы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Радиотехнические системы: учебник для вузов. / Под ред. Ю.М. Казаринова – М.: Высшая школа, 1990. – 496 с., 1 экз.
2. Радиотехнические системы : учебное пособие / Под общей редакцией М. Ю. Застела. - Москва : Юрайт, 2022. - 495 с., <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=816356&idb=0>.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2003. – 604 с., 1 экз.
4. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации : учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов. - М. : Радио и связь, 1992. - 303 с., 2 экз.
5. 4. Ермолаев В.Т., Флакман А.Г. Теоретические основы обработки сигналов в беспроводных системах связи. Монография. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2011. – 368 с., 68 экз.

Дополнительная литература:

1. Прокис Дж. Дж. Цифровая связь. - М. : Радио и связь, 2000. - 800 с., 3 экз.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных – М.: Мир, 1989. – 540 с., 1 экз.
3. Магазинникова А. Л. Основы цифровой обработки сигналов - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 132 с., <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=782746&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Среда разработки ПО MS Visual C++.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 09.04.02 - Информационные системы и технологии.

Автор(ы): Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Фидельман Владимир Романович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 17.11.2022, протокол № б/н.