

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 № 12 от 09.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы цифровой обработки сигналов

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

09.03.02 - Информационные системы и технологии

Направленность образовательной программы

Информационные технологии в системах космической связи

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2022 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.09 Основы цифровой обработки сигналов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-16: Способен к выполнению работ по проектированию, отладке, проверке работоспособности и модификации программного обеспечения информационных систем	ПК-16.1: Знать методы разработки программного обеспечения и технологии программирования ПК-16.2: Владеть навыками проектирования, отладки программного обеспечения и проверки работоспособности	ПК-16.1: Знать основы современных научных знаний, место и значения экспериментальных исследований в науке и технологиях, основные достижения современных информационных технологий Знать возможности современных методов получения и анализа данных эксперимента, методы синтеза моделей, систем и явлений, получения оценок параметров моделей. Знать основные подходы, методы и алгоритмы обработки данных. ПК-16.2: Владеть навыками логического анализа и обобщения имеющейся информации, оценки возможностей информационных систем сбора и обработки данных. Владеть навыками организации экспериментальных исследований, организации совместной работы в исследовательской группе. Владеть информационными технологиями и методами создания информационных	Кolloквиум	Зачёт: Практическое задание

		систем, предназначенных для сбора и обработки данных экспериментов различной природы.		
ПК-3: Способен разрабатывать программное обеспечение систем цифровой обработки данных в различных областях профессиональной деятельности	ПК-3.1: Знать особенности применения систем цифровой обработки данных ПК-3.2: Уметь применять алгоритмы и методы цифровой обработки данных при разработке программного обеспечения ПК-3.3: Владеть навыками разработки прикладного программного обеспечения	<p>ПК-3.1: Знать основные положения теории случайных процессов, методы оценивания параметров случайных процессов, методы решения некорректных задач обработки данных. Знать методы оценки точности моделей на основе анализа их статистических характеристик.</p> <p>ПК-3.2: Уметь оценивать параметры моделей на основе имеющихся данных, разрабатывать алгоритмы имитационного моделирования. Уметь создавать программные приложения, реализующие разработанные модели и методы синтеза. Уметь проводить сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования курсового проекта.</p> <p>ПК-3.3: Владеть методами анализа экспериментальных данных в условиях ограниченных выборок в присутствии шумов. Владеть методами учета априорной информации о процессе или системе, и включения априорной информации в процесс решения.</p>	Коллоквиум	Зачёт: Практическое задание

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование 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/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Отличие цифровой и аналоговой обработки сигналов	5		4	4	1
Спектр сигнала	3		2	2	1
Влияние дискретизации и ограничения временной выборки на спектр сигнала	3		2	2	1
Спектральная плотность мощности	3		2	2	1
Генерация аддитивного белого гауссова шума	3		2	2	1
Периодограммная и коррелограммная оценка СПМ	5		4	4	1
Фильтрация сигнала в частотной области	3		2	2	1
Количественная мера качества фильтрации сигнала	3		2	2	1
Частотная модуляция	3		2	2	1
Авторегрессионная модель прогнозирования сигнала	3		2	2	1
Детектирование сигнала с применением авторегрессионной модели	5		4	4	1
Фильтрация сигнала во временной области	3		2	2	1
Пороговое детектирование	3		2	2	1
Обсуждение индивидуальных заданий	5		4	4	1

Выполнение индивидуального задания	9			0	9
Разработка программы, выполняющей фильтрацию сигнала в частотной области	9			0	9
Разработка программы, выполняющей детектирование сигнала	9			0	9
Критерии корректности задач по Адамару	3		2	2	1
Задача обращения свёртки	3		2	2	1
Регуляризация задач методом максимизации энтропии	5		4	4	1
Решение нелинейной системы уравнений формирования оптимизационным методом	3		2	2	1
Фазовая проблема	5		4	4	1
Алгоритм Фиенупа	3		2	2	1
Применение алгоритма Фиенупа к решению фазовой проблемы	3		2	2	1
Сингулярное разложение	5		4	4	1
Нахождение псевдообратной матрицы	5		4	4	1
Базис Корунена-Лозва	3		2	2	1
Разработка программы, выполняющей обращение свёртки методом максимизации энтропии	9			0	9
Разработка программы, выполняющей решение фазовой проблемы с использованием алгоритма Фиенупа	9			0	9
Разработка программы, выполняющей построение базиса Корунена-Лозва	9			0	9
Аттестация	0				
КСР	2			2	
Итого	144	0	64	66	78

Содержание разделов и тем дисциплины

Отличие цифровой и аналоговой обработки сигналов
 Спектр сигнала
 Спектральная плотность мощности
 Влияние дискретизации и ограничения временной выборки на спектр сигнала
 Генерация аддитивного белого гауссова шума
 Периодограммная и коррелограммная оценка СПМ
 Фильтрация сигнала в частотной области
 Количественная мера качества фильтрации сигнала
 Частотная модуляция
 Авторегрессионная модель прогнозирования сигнала
 Детектирование сигнала с применением авторегрессионной модели
 Фильтрация сигнала во временной области
 Пороговое детектирование
 Критерии корректности задач по Адамару
 Задача обращения свёртки
 Регуляризация задач методом максимизации энтропии
 Решение нелинейной системы уравнений формирования оптимизационным методом

Фазовая проблема
Алгоритм Фиенупа
Применение алгоритма Фиенупа к решению фазовой проблемы
Сингулярное разложение
Нахождение псевдообратной матрицы
Базис Коруна-Лозва

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студентов включает в себя:

- активное изучение учебных и учебно-методических пособий, в том числе с использованием систем компьютерной графики и электронных образовательных ресурсов;
- использование профессиональных прикладных программ моделирования физических процессов и методов обработки данных;
- использование профессиональных прикладных программ моделирования физических процессов и методов обработки данных.

Студенты разрабатывают, тестируют и отлаживают программные реализации методов и алгоритмов обработки экспериментальных данных. Проблемы, возникающие в процессе разработки программного приложения, обсуждаются с преподавателем на практических занятиях. Заключительным этапом выполнения задания является демонстрация разработанного программного приложения и обсуждение зависимости результатов работы приложения от параметров алгоритма.

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 - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПК-16:

Выполнить фильтрацию полигармонического сигнала в белом гауссовом шуме в частотной области пороговым методом.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Выполнить детектирование сигнала на заданной частоте с использованием авторегрессионной модели прогнозирования.

Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Практическое задание выполнено в полном объеме. Допускаются незначительные ошибки, исправленные после замечания преподавателя
не зачтено	Практическое задание выполнено не в полном объеме. Допущены ошибки, которые не удалось исправить после замечания преподавателя.

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 отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы 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	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы навыки при решении нестандарт	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартны

	вследствие отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	стандартны х задач с некоторым и недочетами	х задач с некоторым и недочетами	х задач без ошибок и недочетов	ных задач без ошибок и недочетов	х 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 с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-16

Линейное прогнозирование на основе решения системы нормальных уравнений Гаусса. Исследование зависимости качества прогноза от уровня шума.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Исследование зависимости дисперсии смещения оценки СПМ, вычисленной методом периодограмм с различными видами временных окон: а) прямоугольное окно, б) треугольное окно, в) прямоугольное окно с перекрытием, от уровня шума.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Практическое задание выполнено в полном объеме. Допускаются незначительные ошибки, исправленные после замечания преподавателя
не зачтено	Практическое задание выполнено не в полном объеме. Допущены ошибки, которые не удалось исправить после замечания преподавателя.

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

Основная литература:

1. Лифшиц М. А. Случайные процессы — от теории к практике / Лифшиц М. А. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 308 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-9833-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=798145&idb=0>.
2. Случайные процессы. Примеры и задачи. Т. 5. Оценка сигналов, их параметров и спектров. Основы теории информации / Тихонов В.И., Шахтарин Б.И., Сизых В.В. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646093&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Кройц М. А. Методы решения обратных задач в цифровой обработке сигналов: Практикум / Кройц М. А., Морозов О. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. - 26 с. - Рекомендовано методической комиссией физического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783241&idb=0>.
2. Кройц М. А. Методы фильтрации и линейного предсказания в цифровой обработке сигналов: Практикум / Кройц М. А., Морозов О. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. - 26 с. - Рекомендовано методической комиссией физического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783242&idb=0>.

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

Microsoft Visual Studio <https://visualstudio.microsoft.com/ru/vs/community/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: в том числе,

- высокотехнологичным оборудованием: серверная вычислительная техника, включая сервера и АРМы Гравитон, серверные шкафы, программно-аппаратные комплексы, сетевое оборудование;
- вычислительными ресурсами: терминал-классы с 26 стационарными и 3 мобильными рабочими местами на базе современных ПК с лицензионным программным обеспечением;
- офисным и мультимедийным оборудованием, включая проектор, экран и ТВ-панель, специализированная мебель.

Перечисленное выше оборудование входит в состав Учебно-лабораторного интерактивного комплекса "Распределенные вычисления" для проведения занятий для студентов с использованием современной вычислительной техники при обучении моделированию, проектированию и разработке распределенных вычислительных комплексов и проведения практических занятий по дисциплинам, предусмотренных программой.

Специальное образовательное пространство (СОП) Учебно-лабораторный интерактивный комплекс «Распределенные вычисления» (уч. корп.3, ауд. 513, 528, 520) создано научно-образовательным отделением космической связи ПИШ ННГУ и утверждено приказом ННГУ №06.49-04-0669/23 от 29.12.2023 г. для реализации образовательных программ (ОП) ПИШ ННГУ, в том числе, для ОП «Информационные технологии в системах космической связи» направления подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии», разработанной с целью исполнения Программы развития ПИШ ННГУ в рамках федерального проекта Минобрнауки России "Передовые инженерные школы" государственной программы Российской Федерации "Научно-технологическое развитие Российской Федерации" (<https://analytics.engineers2030.ru/schools/unn>).

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 подготовки/специальности 09.03.02 - Информационные системы и технологии.

Автор(ы): Чуманкин Юрий Евгеньевич.

Заведующий кафедрой: Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.01.2022, протокол № б/н.