МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан радиофизического факультета
д.ф.-м.н., профессор
Матросов В.В.
"_____"_____20___ г.

Рабочая программа дисциплины

Численный анализ биомедицинских сигналов

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Направленность образовательной программы
Информационные системы и технологии

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2017 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «**Численный анализ биомедицинских сигналов**» относится к дисциплинам выбора вариативной части основной образовательной программы 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» на радиофизическом факультете ННГУ. Дисциплина по выбору, рекомендована к освоению в 6 семестре 3 курса.

Целями освоения дисциплины являются:

- изучение физической природы биомедицинских сигналов (БМС);
- математическая обработка сигналов, получаемых от первичных измерительных преобразователей, с использованием современных методов анализа и преобразования сигналов;
- цифровой спектральный анализ, анализ и синтез цифровых фильтров и функциональных узлов обработки сигналов;
- общие принципы автоматизированного анализа медико-биологической информации;

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (Код компетенции, этап формирования)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций**
ОПК-2: Способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий. Этап формирования базовый	З1 (ОПК-2): Знать цифровой спектральный анализ и синтез цифровых фильтров применительно обработки БМС
ПК-2: Способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий. Этап формирования базовый	З1 (ПК-2): Знать современные данные по применению ультразвука при исследовании биологических объектов У1 (ПК-2): Уметь применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии по численному моделированию БМС в области информационных технологий В1 (ПК-2) Владеть способностью понимать, совершенствовать и обрабатывать данные современных исследований в области медицинской акустики.

3. Структура и содержание дисциплины «Численный анализ биомедицинских сигналов»

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятий лекционного типа, 1 час – мероприятия текущего контроля успеваемости), 39 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	В том числе																	
	Всего (часы)			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы												Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего					
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное
1. Методы анализа детерминированных и случайных БМС	**14**			**6**									**6**			**8**		
2. Методы аналоговой фильтрации БМС	**14**			**6**									**6**			**8**		
3. Методы цифровой фильтрации БМС	**14**			**6**									**6**			**8**		
4. Методы анализа медико-биологической информации	**14**			**6**									**6**			**8**		
5. Системы обработки изображений и распознавание образов в медицине	**15**			**8**									**8**			**7**		
В т.ч.текущий контроль	**1**			**1**									**1**					
Промежуточная аттестация - **зачет**																		

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технология курса «**Численный анализ биомедицинских сигналов**» являются лекции с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), лабораторные занятия в компьютерном модуле с использованием современных информационных технологий и самостоятельная работа студента.

Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий с применением технологий интерактивного обучения (презентаций).

Занятия лабораторного типа осуществляются в форме практических занятий в компьютерном модуле с использованием современных информационных технологий.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях лекционного типа:

- лекции-беседы с использованием мультимедийных средств поддержки образовательного процесса;

- лекции с проблемным изложением учебного материала.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является зачет, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний по дисциплине. Для активизации познавательного процесса слушателям даются задания по самостоятельной подготовке отдельных фрагментов лекций. Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения аудиторных занятий и в конце курса при проведении **зачета** по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Список контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Численный анализ биомедицинских сигналов»:

1. Представление биомедицинских сигналов (БМС) в виде суммы ряда элементарных функций. Гармонический анализ периодических БМС. Свойства коэффициентов ряда Фурье. Спектры некоторых периодических сигналов.
2. Гармонический анализ непериодических сигналов, спектральная плотность сигнала, прямое и обратное преобразование Фурье. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики периодических БМС.
3. Теорема отсчетов (теорема Котельникова), постановка задачи и вывод основных соотношений. Теорема отсчетов в частотной области. Представление БМС с помощью преобразования Лапласа.
4. Корреляционный анализ детерминированных сигналов. Понятие корреляционной функции сигнала, корреляционная функция периодических и непериодических сигналов. Связь корреляционной функции со спектральными характеристиками сигнала. Взаимная корреляционная функция БМС.
6. Физическая природа случайных БМС. Ковариационная функция случайного сигнала. Понятие стационарности и эргодичности. Взаимосвязь основных характеристик случайных сигналов.
7. Статистические методы анализа случайных данных. Случайный сигнал с нормальным законом распределения плотности вероятности (гауссовский процесс).
8. Двумерная плотность вероятности и энергетический спектр случайного процесса. Связь ковариационной функции случайного сигнала с его энергетическим спектром, теорема Винера-Хинчина. Взаимная корреляционная функция и взаимная спектральная плотность двух случайных процессов, основные соотношения.
9. Анализ прохождения БМС через линейные частотно-избирательные цепи с помощью преобразования Фурье и преобразования Лапласа.

10. Аналитический сигнал, спектральная плотность аналитического сигнала, векторная диаграмма, основные свойства аналитического сигнала.

11. Характеристики дискретных и цифровых сигналов, методы дискретизации, спектр и изображение по Лапласу дискретного сигнала. Дискретизация во временной и частотной областях.

12. Определение дискретного преобразования Фурье (ДПФ), основные свойства ДПФ; обратное ДПФ (ОДПФ). Основные соотношения, выполняемые с ДПФ и ОДПФ.

13. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Эффективность БПФ. Алгоритмы реализации. Алгоритмы ДПФ с прореживанием по времени и по частоте.

14. Принципы цифровой фильтрации БМС. Системная функция и импульсная характеристика цифрового фильтра. Понятие трансверсальных и рекурсивных ЦФ.

15. Применение цифровой фильтрации при численном решении задач аппроксимации и сглаживания. Дифференцирование и интегрирование БМС как методы цифровой фильтрации.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Численный анализ биомедицинских сигналов»,

включающий:

6.1. **Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

Код компетенции	Характеристика компетенции	Составляющие компетенции		
		знания	умения и навыки	владение опытом и личностная готовность к профессиональному совершенствованию
ОПК-2	Способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий	Знать цифровой спектральный анализ и синтез цифровых фильтров применительно обработки БМС	Уметь применять современные методы анализа и преобразования БМС	Опыт решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе современных языков программирования и языков баз данных

ПК-2:	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий	Знать современные данные по применению ультразвука при исследовании биологических объектов	Уметь применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии по численному моделированию БМС в области информационных технологий	Владеть способностью понимать, совершенствовать и обрабатывать данные современных исследований в области медицинской акустики

Этап сформированности компетенций после обучения по данному курсу описан в п.2 настоящей программы.

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала.

Зачет проводится в устной форме. Устная часть зачета заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой, вопросы для промежуточного контроля указаны в пункте 5 настоящей рабочей программы дисциплины) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Шкала оценивания «зачет - незачет»:

Индикаторы компетенции	**ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**	
	не зачтено	**зачтено**
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
Мотивация (личностное отношение)	Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствуют	Учебная активность и мотивация проявляются на среднем или высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества и выше
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.
Уровень сформированности компетенций	Низкий	Минимально допустимый и выше

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде <u>знаний</u> используются следующие процедуры и технологии:

- *письменные и устные ответы на вопросы.*

Для оценивания результатов обучения в виде <u>умений</u> и <u>владений</u> используются следующие процедуры и технологии:

- *контрольные задания.*

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используется

- *устное собеседование.*

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Теоретические вопросы (ОПК-2):

1. Гармонический анализ периодических БМС. Свойства коэффициентов ряда Фурье. Спектры некоторых периодических сигналов.
2. Теорема отсчетов (теорема Котельникова), вывод основных соотношений.
3. Представление БМС с помощью преобразования Лапласа.
4. Корреляционный анализ детерминированных сигналов. Связь корреляционной функции со спектральными характеристиками сигнала.
5. Физическая природа случайных БМС. Ковариационная функция случайного сигнала. Взаимосвязь основных характеристик случайных сигналов.
6. Статистические методы анализа случайных данных. Случайный сигнал с нормальным законом распределения плотности вероятности (гауссовский процесс).
7. Двумерная плотность вероятности и энергетический спектр случайного процесса. Связь ковариационной функции случайного сигнала с его энергетическим спектром, теорема Винера-Хинчина.
8. Взаимная корреляционная функция и взаимная спектральная плотность двух случайных процессов, основные соотношения.
9. Анализ прохождения БМС через линейные частотно-избирательные цепи с помощью преобразования Фурье и преобразования Лапласа.
10. Аналитический сигнал, спектральная плотность аналитического сигнала, векторная диаграмма, основные свойства аналитического сигнала.
11. Определение дискретного преобразования Фурье (ДПФ), основные свойства ДПФ; обратное ДПФ (ОДПФ).
12. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Эффективность БПФ. Алгоритмы реализации. Алгоритмы ДПФ с прореживанием по времени и по частоте.
13. Принципы цифровой фильтрации БМС. Системная функция и импульсная характеристика цифрового фильтра. Понятие трансверсальных и рекурсивных ЦФ.
14. Дифференцирование и интегрирование БМС как методы цифровой фильтрации.

Теоретические вопросы (ПК-2):

1. Структура электрокардиографического сигнала. Основные методы анализа ЭКГ-сигнала во временной и частотной областях. Автоматизированный анализ ЭКГ.

2. Структура электроэнцефалографического сигнала. Основные параметры ЭЭГ. Частотный, корреляционный, спектральный и фазочастотный методы анализа ЭЭГ-сигнала.
3. Структура реографического сигнала. Основные методы регистрации реограмм. Частотный, корреляционный, спектральный методы анализа реографических сигналов.
4. Основы анализа биомедицинских изображений: типы изображений и способы их описания; методы предварительной обработки; фильтрация; интерактивный режим обработки изображений.
5. Двумерное ДПФ. Вычисление двумерных сверток и ДПФ. Алгоритм Винограда для БПФ. Особенности обработки рентгеновских изображений.

Примеры контрольных заданий (ПК-2)

Задание 1.
Применить быстрое преобразование Фурье (БПФ) для конкретного примера (программа в MATLAB). Объяснить на этом примере алгоритмы ДПФ с прореживанием по времени и по частоте.

Задание 2.
Описать дифференцирование и интегрирование БМС как методы цифровой фильтрации (показать на примерах)

Задание 3.
Выполнить анализ структуры электроэнцефалографического сигнала. Определить основные параметры ЭЭГ. Применить частотный, корреляционный, спектральный и фазочастотный методы анализа ЭЭГ-сигнала.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Численный анализ биомедицинских сигналов»

а) основная литература:

1. Денисенко А. Н. - Цифровые сигналы и фильтры: теория и практика применения. - М.: Медпрактика-М, 2008. - 188 с.
2. Ультразвук: Маленькая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия. 1979. - 400 с.
3. Физика визуализаций изображений в медицине. / Под ред. С.Уэбба. - М.: Мир, 1991.
4. Гонсалес Р. С., Вудс Р. Е. - Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2012. - 1104 с.

б) дополнительная литература:

1. Оппенгейм А., Шафер Р. - Цифровая обработка сигналов. - М.: Техносфера, 2012. - 1048с.
2. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях. /Басараб М. А., Волосюк В. К., Горячкин О. В., Зеленский А. А., Кравченко В. Ф., [и др.]. - М.: Физматлит, 2007. - 544с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения студентов по дисциплине **«Численный анализ биомедицинских сигналов»** имеются в наличии: специальные кабинеты, оборудованные мультимедийными средствами обучения; компьютерные классы, где имеется возможность выхода в Интернет; присутствует полный комплект лицензионного обеспечения, необходимый для работы компьютерных программ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению подготовки **02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»**.

Автор _____ к.ф.-м.н., доцент Демин И.Ю.

Рецензент _____ к.ф.-м.н., доцент Жуков С.Н.

Заведующий кафедрой _____д.ф.-м.н., профессор Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Радиофизического факультета. Протокол № 04/17 от «30» августа 2017 года.