

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет физико-технический

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Иванов А.Г.

подпись

«

2015г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.10 Методы обработки биомедицинских сигналов и данных

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки/специальность

12.03.04 Биотехнические системы и технологии

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) /

специализация Инженерное дело в медико-биологической практике

*(наименование направленности (профиля) специализации)*

Программа подготовки академическая

*(академическая /прикладная)*

Форма обучения очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

*(бакалавр, магистр, специалист)*

Краснодар 2015

Рабочая программа дисциплины Методы обработки биомедицинских сигналов и данных составлена в соответствии с федеральным государственным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии (Направленность Инженерное дело в медико-биологической практике)

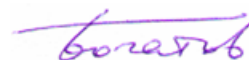
Программу составил:  
Н.М. Богатов, профессор



подпись

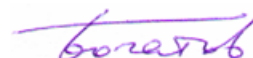
Рабочая программа дисциплины  
обсуждена и утверждена на заседании кафедры  
физики и информационных систем  
Протокол № 13 от 21 мая 2015 г.

Зав. кафедрой физики и информационных систем,  
д.ф.-м.н., профессор Н.М. Богатов



Рабочая программа дисциплины утверждена  
учебно-методической комиссией  
физико-технического факультета КубГУ  
Протокол № 10 от 21 мая 2015 г.

Председатель УМК ФТФ КубГУ, зав. кафедрой физики  
и информационных систем,  
д.ф.-м.н., профессор Н.М. Богатов



Рецензенты:

Шапошникова Т. Л., зав. кафедрой физики ФГБОУ ВО КубГТУ

Григорьян Л. Р., генеральный директор ООО НПФ «Мезон»

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

Учебная дисциплина «Методы обработки биомедицинских сигналов и данных» ставит своей целью сформировать у бакалавров теоретические представления и практические навыки, необходимые для проведения сложных многофакторных научных и производственных экспериментов, испытаний и обработки полученной в результате информации. Дисциплина «Методы обработки биомедицинских сигналов и данных» предназначена для подготовки студентов к практической работе по решению проблем автоматизации сбора, обработки и интерпретации медико-биологических данных, по улучшению медицинского обслуживания населения. Основное внимание уделяется изучению принципов разработки методов и технических средств сбора, представления и анализа медико-биологической информации.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

- изучение методов классификации, анализа, получения и обработки данных;
- приобретение навыков алгоритмизации, программирования, работы с вычислительными и аппаратными комплексами.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Методы обработки биомедицинских сигналов и данных» относится к базовой части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с дисциплинами «Физика», «Математика», «Информатика», «Компьютерные технологии в медико-биологической практике». Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решения алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений; теории функций комплексного переменного, теории вероятностей и математической статистики, дискретной математики; знать основные физические законы; уметь применять математические методы и физические законы для решения практических задач.

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для изучения следующих дисциплин и практик: «Методы медицинских вычислений», «Основы медицинской вычислительной техники», «Автоматизация обработки биомедицинской информации», «Биотехнические системы медицинского назначения», «Системы автоматизации измерений и съема диагностической информации», «Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы», «Учебной практики», «Производственной практики».

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (ОПК-2, ОПК-4, ОПК-9, ПК-1)

№ п.п.	Индекс компет енции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ОПК-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе	физико-математический аппарат применяющийся для анализа	применять физико-математический аппарат для решения	навыками выявления естественнонаучной сущности

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	медико-биологических данных	проблем, возникающих при анализе медико-биологических данных	проблем, возникающих в ходе анализа медико-биологических данных
2	ОПК-4	Готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации	основные методы работы с изображениями и чертежами	применять методы обработки изображений при работе с медико-биологическими данными	навыками работы со средствами и прикладными программами для выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации
3	ОПК-9	Способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности	правила работы с компьютером и основные требования информационной безопасности	применять методы информационных технологий для анализа медико-биологических данных	методами информационных технологий
4	ПК-1	Способность выполнять эксперименты и интерпретировать результаты по проверке корректности и эффективности решений	принципы и методологию получения и обработки экспериментальных данных	применять методы автоматизированной обработки к анализу данных медико-биологических приборов и систем	навыками автоматизированной обработки анализа данных медико-биологических приборов и систем.

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице  
(для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		6			
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>100,3</b>	<b>100,3</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	96	96			
Занятия лекционного типа	32	32			
Лабораторные занятия	64	64			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)					
		-			
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>52,7</b>	<b>52,7</b>			
Проработка учебного (теоретического) материала	35,7	35,7			
Подготовка к текущему контролю	17	17			
<b>Контроль:</b>					
Подготовка к экзамену	27	27			
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>180</b>	<b>180</b>		
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>100</b>	<b>100</b>		
	<b>зач. ед</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре (очная форма)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	8	7
1.	Общая характеристика данных и их моделей	20	4		8	8
2.	Амплитудный и частотный анализ.	39	8		16	15
3.	Корреляционный и спектральный анализ сигналов	39	8		16	15
4.	Случайные процессы, временные ряды и теория марковских цепей	39	8		16	15
5.	Применение методов обработки сигналов в медицине	12	4		8	
	<i>Итого по дисциплине:</i>	149	32		64	53

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Общая характеристика данных и их моделей	Классификация, источники и характеристики данных; общая характеристика и модели экспериментальных данных - сигналов и числовых массивов. Вычислительный комплекс на базе персонального компьютера; пакеты прикладных программ по обработке сигналов, числовых массивов и изображений.	Опрос и защита лабораторных задач
2.	Амплитудный и частотный анализ	Преобразование Фурье периодических и непериодических функций; преобразование Фурье функций с ограниченной областью определения; физический смысл преобразования Фурье; понятия скалярного произведения и нормы; мощность и энергия сигналов; преобразование Лапласа; свертка; фильтрация; дискретизация; дискретное преобразование Фурье; быстрое преобразование Фурье; вейвлет преобразование.	Опрос и защита лабораторных задач
3.	Корреляционный и спектральный анализ сигналов	Усреднение по реализациям, усреднение по времени; коэффициент корреляции; корреляционная функция; спектральная плотность энергии сигналов; спектральная плотность мощности сигналов; теорема Винера-Хинчина; коррелометр.	Опрос и защита лабораторных задач
4.	Случайные процессы, временные ряды и теория марковских цепей	Описание случайных процессов и временных рядов; характеристическая функция; гауссов случайный процесс; марковский случайный процесс; случайный процесс Пуассона. Применение методов обработки сигналов в медицине.	Опрос и защита лабораторных задач
5.	Применение методов обработки сигналов в медицине	Анализ сигналов ЭЭГ.	Опрос и защита лабораторных задач

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Занятия семинарского типа не предусмотрены учебным планом.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля

1	2	3
1	Создание программных интерфейсов средствами С++ Builder	Отчет по лабораторной работе
2	Создание программы графического представления сигналов	Отчет по лабораторной работе
3	Дискретное преобразование Фурье	Отчет по лабораторной работе
4	Частотная фильтрация сигналов	Отчет по лабораторной работе
5	Корреляционный анализ сигналов	Отчет по лабораторной работе

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены учебным планом.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Умняшкин, С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие / С.В. Умняшкин. - Москва : Техносфера, 2016. - 528 с. : ил., табл., схем. - (Мир цифровой обработки). - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-94836-424-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444859">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444859</a></li> <li>2. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях / В.Ф. Кравченко, А.А. Зеленский, О.В. Горячкин и др. - Москва : Физматлит, 2007. - 544 с. - ISBN 978-5-9221-0871-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=82181">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=82181</a></li> <li>3. Дворкович, В.П. Оконные функции для гармонического анализа сигналов / В.П. Дворкович, А.В. Дворкович. - Издание второе, переработанное и дополненное. - Москва : Техносфера, 2016. - 216 с. : ил., табл., схем. - (Мир цифровой обработки). - ISBN 978-5-94836-432-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444852">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444852</a></li> <li>4. Сальников, И.И. Растровые пространственно-временные сигналы в системах анализа изображений / И.И. Сальников. - Москва : Физматлит, 2009. - 244 с. -</li> </ol>

		<p>ISBN 978-5-9221-1126-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=76612">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=76612</a></p> <p>5. Щетинин, Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB : учебное пособие / Ю.И. Щетинин. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 115 с. - ISBN 978-5-7782-1807-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229142">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229142</a></p>
2	Подготовка к текущему контролю	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Попечителей, Евгений Парфирович, Кореневский, Николай Алексеевич Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника: теория и проектирование : учебное пособие для студентов /Е. П. Попечителей, Н. А. Кореневский ; под ред. Е. П. Попечителя -М.: Высшая школа, 2002</li> <li>2. Бакалов, Валерий Петрович Цифровое моделирование случайных процессов : учебное пособие для студентов вузов /В. П. Бакалов ; [Учебно-метод. объединение по образованию в области радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации] -М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002</li> <li>3. Белов, Леонид Алексеевич Синтезаторы частот и сигналов: Конспекты лекций: Учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломированных специалистов 654200 "Радиотехника" /Ред. Т. В. Суханова; М-во образования РФ, Учебно-метод. объединение по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации -М.: САИНС-ПРЕСС, 2002</li> <li>4. Яковлев, Альберт Николаевич Основы вейвлет-преобразования сигналов: [направление : радиотехника] : учебное пособие для студентов вузов /А. Н. Яковлев ; [М-во образования Рос. Федерации, Учебно-метод. объедин. по образованию в области радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации] -М.: САЙНС-ПРЕСС, 2003</li> <li>5. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник для студентов вузов : в 5 т. Т. 1 Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления/под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова Изд. 2-е, перераб. и доп. -М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004</li> <li>6. Рангайян, РангараджМандаям Анализ биомедицинских сигналов: практический подход : учебное пособие для студентов вузов /Р. М. Рангайян ; пер. с англ. А. Н. Калиниченко под ред. А. П. Немирко -М.: ФИЗМАТЛИТ , 2007</li> <li>7. Крянев, Александр Витальевич, Лукин, Г. В. Математические методы обработки неопределенных данных: учебное пособие для студентов вузов /А. В.</li> </ol>



		<p>Крянев, Г. В. Лукин Изд. 2-е, испр. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006</p> <p>8. Оппенгейм, А., Шафер, Р. Цифровая обработка сигналов: [учебник] /А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. С. А. Кулешова ; под ред. А. С. Ненашева -М.: Техносфера, 2006</p> <p>9. Булавин, Леонид Анатольевич, Выгорницкий, Николай Викторович, Лебовка, Николай Иванович Компьютерное моделирование физических систем: [учебное пособие] /Л. А. Булавин, Н. В. Выгорницкий, Н. И. Лебовка -Долгопрудный: Интеллект, 2011</p> <p>10. Рябов, Валерий Александрович Принципы статистической физики и численное моделирование: [учебное пособие] /В. А. Рябов -Долгопрудный: Интеллект, 2014</p>
--	--	---

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии.**

При реализации учебной работы по освоению курса «Методы обработки биомедицинских сигналов и данных» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проектные методы обучения;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу студентов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: метод проектов, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

По дисциплине «Методы обработки биомедицинских сигналов и данных» в форме текущего контроля предусмотрены контрольные работы, примерные задания для контрольной работы представлены ниже.

### Контрольная работа № 1

#### Задача 1.

Функция  $x(t)$  – вещественная и четная. Показать, что Фурье-образ  $X(v)$  – вещественная и четная.

#### Задача 2.

Функция  $x(t)$  – вещественная и нечетная. Показать, что Фурье-образ  $X(v)$  – мнимая и нечетная.

#### Задача 3.

Функция  $x(t)$  – мнимая и четная. Показать, что Фурье-образ  $X(v)$  – мнимая и четная.

#### Задача 4.

Функция  $x(t)$  – мнимая и нечетная. Показать, что Фурье-образ  $X(v)$  – вещественная и нечетная.

#### Задача 5.

Функция  $x(t)$  – комплексная и четная. Показать, что Фурье-образ  $X(v)$  – комплексная и четная.

#### Задача 6.

Функция  $x(t)$  – комплексная и нечетная. Показать, что Фурье-образ  $X(v)$  – комплексная и нечетная.

#### Задача 7.

Функция  $x(t)$  – мнимая. Показать, что  $\operatorname{Re} X(v) = -\operatorname{Re} X(-v)$  – нечетная;

$\operatorname{Im} X(v) = \operatorname{Im} X(-v)$  – четная.

#### Задача 8.

$\operatorname{Re} x(t)$  – четная;  $\operatorname{Im} x(t)$  – нечетная. Показать, что  $X(v)$  – вещественная.

#### Задача 9.

$\operatorname{Re} x(t)$  – нечетная;  $\operatorname{Im} x(t)$  – четная. Показать, что  $X(v)$  – мнимая.

#### Задача 10.

Пусть  $x(t)$  – вещественная,  $x(t) \leftrightarrow X(v)$ . Показать, что  $X^*(v) = X(-v)$ .

#### Задача 11.

Пусть  $f(t) \leftrightarrow F(v)$ . Показать, что, если масштаб измерения времени уменьшить в  $n$  раз ( $t' = t \cdot n, n > 1$ ), то  $f(t'/n) \leftrightarrow n F(nv)$ .

#### Задача 12.

Пусть  $F(v) = \mathcal{F}\{f(t)\}$ . Показать, что Фурье-образ функции  $F(v-a)$  есть  $f(t)e^{2\pi iat}$ .

**Задача 13.**

Пусть  $f(t) \leftrightarrow F(v)$ . Найти амплитуду и фазу Фурье-образа функции  $F(v-a)$ .

**Задача 14.**

Найти Фурье-образы функций  $F_1(v) = e^{-2\pi iav}$ ,  $F_2(v) = e^{2\pi iav}$ .

**Задача 15.**

Выразить Фурье-образ функции  $\cos 2\pi at$  через  $\delta$ -функции Дирака  $\delta(v-a)$  и  $\delta(v+a)$ .

**Задача 16.**

Выразить Фурье-образ функций  $\sin 2\pi at$  через  $\delta$ -функции Дирака  $\delta(v-a)$  и  $\delta(v+a)$ .

## Контрольная работа № 2

**Задача 1.**

Показать, что, если  $x(t) \leftrightarrow X(v)$ , то

$$\frac{d^n x(t)}{dt^n} \leftrightarrow (2\pi i v)^n X(v), \quad n=1,2,3,\dots$$

**Задача 2.**

$$\Theta_{2T}(t) = \Pi_T(t-T) = \begin{cases} 1, & t \in [0, 2T] \\ 0, & t \notin [0, 2T] \end{cases}$$

Найти Фурье-образ функции  $\Theta_{2T}(t)$ , использовать свойство «смещение аргумента».

**Задача 3.**

Найти действительную и мнимую части Фурье-образа функции  $\Theta_{2T}(t)$ .

**Задача 4.**

Найти модуль и фазу Фурье-образа функции  $\Theta_{2T}(t)$ .

**Задача 5.**

Пусть  $f(t) \leftrightarrow F(v)$ . Показать, что  $\int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt = F(0)$ .

**Задача 6.**

Найти  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin \pi F_c t}{\pi F_c t} dt$ .

**Задача 7.**

Найти  $\int_0^{\infty} \frac{\sin \pi F_e t}{\pi F_e t} dt$ .

**Задача 8.**

Найти  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx$ .

**Задача 9.**

Найти  $\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx$ .

**Задача 10.**

Пусть  $f(t) \leftrightarrow F(\nu)$ ,  $g(t) \leftrightarrow G(\nu)$ . Доказать, что скалярное произведение сигналов  $f(t)$  и  $g(t)$ , вычисленное во временном и частотном представлении, совпадает.

**Задача 11.**

Пусть  $f(t) \leftrightarrow F(\nu)$ . Доказать, что норма сигнала  $f(t)$ , вычисленная во временном и частотном представлении, совпадает.

**Задача 12.**

Используя теорему Парсеваля, найти  $\int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{\sin \pi F_e t}{\pi F_e t} \right|^2 dt$ .

**Задача 13.**

Найти  $\int_0^{\infty} \left| \frac{\sin \pi F_e t}{\pi F_e t} \right|^2 dt$ .

**Задача 14.**

Найти  $\int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{\sin x}{x} \right|^2 dx$ .

**Задача 15.**

Найти  $\int_0^{\infty} \left| \frac{\sin x}{x} \right|^2 dx$ .

### Контрольная работа № 3

**Задача 1.**

Доказать, что функции  $f(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\sin(x - k\pi)}{x - k\pi}$ , где  $k=0, 1, 2, \dots$ , образуют ортонормированную систему функций.

**Задача 2.**

Найти Фурье-преобразование Лямбда функции  $\Lambda_{F_e}(v) = \begin{cases} 1 - \frac{|v|}{F_e}, & |v| \leq F_e \\ 0, & |v| > F_e \end{cases}$ .

**Задача 3.**

Найти Фурье-образ  $\Lambda_T(t)$ , где  $\Lambda_T(t) = \begin{cases} 1 - \frac{|t|}{T}, & |t| \leq T \\ 0, & |t| > T \end{cases}$ .

**Задача 4.**

Пусть  $e(t) \leftrightarrow E(v)$  и  $h(t) \leftrightarrow H(v)$ . Найти  $TFe(t)h(t)$ .

**Задача 5.**

Процесс  $x(t) = Ae^{-\frac{|t|}{\tau}}$  ( $\tau > 0$ ). Найти Фурье-образ  $x(t)$ .

**Задача 6.**

Процесс  $x(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} \cos 2\pi \nu_0 t$  ( $\tau > 0$ ) при  $t \geq 0$ ,  $x=0$  при  $t < 0$ .

Найти Фурье-образ  $x(t)$ .

**Задача 7.**

Процесс  $x(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} \cos 2\pi \nu_0 t$  ( $\tau > 0$ ) при  $t \geq 0$ ,  $x=0$  при  $t < 0$ .

Найти действительную и мнимую части  $TFx(t)$ .

**Задача 8.**

Процесс  $x(t) = Ae^{-\frac{|t|}{\tau}} \cos 2\pi \nu_0 t$  ( $\tau > 0$ ). Найти Фурье-образ  $x(t)$ .

**Задача 9.**

Пусть  $e(t)=0, t < 0$  – входной сигнал,  $S(t)$  – выходной сигнал,  $h(t)$  – импульсный отклик системы ( $h(t)=0$  при  $t < 0$ ). Найти  $S(t)$  при  $t < 0$ .

**Задача 10.**

Доказать, что  $W_2(p) = \frac{T_p}{1 + T_p p}$  высокочастотный фильтр 1 рода.

**Задача 11.**

Доказать, что  $W_3(p) = \frac{1}{1 + 2\xi T_p p + T_p^2 p^2}$  низкочастотный фильтр 2 рода.

**Задача 12.**

Доказать, что  $W_4(p) = \frac{T^2 p^2}{1 + 2\xi T p + T^2 p^2}$  высокочастотный фильтр 2 рода.

**Задача 13.**

Входной сигнал  $f(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}}, t \geq 0$  пропускается через высокочастотный фильтр 1 рода. Найти Фурье-образ выходного сигнала, выделить действительную и мнимую части Фурье-образа.

**Задача 14.**

Входной сигнал  $f(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}}, t \geq 0$  пропускается через низкочастотный фильтр 2 рода. Найти Фурье-образ выходного сигнала, выделить действительную и мнимую части Фурье-образа.

**Задача 15.**

Входной сигнал  $f(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}}, t \geq 0$  пропускается через высокочастотный фильтр 2 рода. Найти Фурье-образ выходного сигнала, выделить действительную и мнимую части Фурье-образа.

**Задача 16.**

Входной сигнал  $x(t) = A \exp\{-t/\tau\} \cos 2\pi \nu_0 t, t \geq 0$  пропускается через низкочастотный фильтр 1 рода. Найти Фурье-образ выходного сигнала, выделить действительную и мнимую части Фурье-образа.

**Задача 17.**

Входной сигнал  $x(t) = A \exp\{-t/\tau\} \cos 2\pi \nu_0 t, t \geq 0$  пропускается через высокочастотный фильтр 1 рода. Найти Фурье-образ выходного сигнала, выделить действительную и мнимую части Фурье-образа.

**Задача 18.**

Входной сигнал  $x(t) = A \exp\{-t/\tau\} \cos 2\pi \nu_0 t, t \geq 0$  пропускается через низкочастотный фильтр 2 рода. Найти Фурье-образ выходного сигнала, выделить действительную и мнимую части Фурье-образа.

**Задача 19.**

Входной сигнал  $x(t) = A \exp\{-t/\tau\} \cos 2\pi \nu_0 t, t \geq 0$  пропускается через высокочастотный фильтр 2 рода. Найти Фурье-образ выходного сигнала, выделить действительную и мнимую части Фурье-образа.

**Контрольная работа № 4**

**Задача 1.**

Фаза сигнала  $\varphi$  распределена на интервале  $[0, \pi/2]$  равномерно. Найти математическое ожидание величины  $f(x, y) = x(\varphi) \cdot y(\varphi)$ , где  $x(\varphi) = \sin \varphi$ ,  $y(\varphi) = \cos \varphi$ .

### Задача 2.

Каждая выборочная функция (реализация)  $x(t)$  некоторого случайного процесса тождественно равна постоянному случайному параметру  $\alpha$ , распределенному с однородной плотностью вероятности на отрезке  $[0, A]$ . Показать, что случайный процесс является стационарным, но не является эргодическим.

### Задача 3.

Выборочная функция случайного процесса имеют вид  $x(t) = a \cdot \sin(\omega t + \alpha)$ , где  $\omega$  – постоянная частота,  $\alpha$  – постоянная фаза,  $a$  – амплитуда, являющаяся непрерывной случайной величиной с равномерным распределением вероятности на отрезке  $[0, A]$ . Показать, что процесс не является ни стационарным, ни эргодическим.

### Задача 4.

Случайный процесс  $u(t)$  имеет вид  $u(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$ , где  $U_0, \omega_0$  – фиксированные величины, фаза  $\varphi$  – случайная величина, равномерно распределенная в интервале  $[-\pi, \pi]$ .

Определить среднее значение  $\bar{u}$ , дисперсию  $\sigma_u^2$  случайного процесса. Доказать, что случайный процесс  $u(t)$  стационарен.

### Задача 5.

Спектральная плотность мощности шума постоянна внутри полосы пропускания частотного фильтра  $H(\nu) = \begin{cases} 1, & \nu \in [0, \nu_m] \\ 0, & \nu \notin [0, \nu_m] \end{cases}$ . Найти автокорреляционную функцию шума.

### Задача 6.

Используя теорему Винера-Хинчина, найти энергетический спектр стационарного случайного процесса с автокорреляционной функцией

$$C_{xx}(\tau) = \sigma^2 \exp\left(-\frac{|\tau|}{\gamma}\right).$$

### Задача 7.

Пусть стационарный случайный процесс  $X(t)$  характеризуется следующим

энергетическим спектром:  $W(\omega) = \begin{cases} W_0, & -\omega_b \leq \omega \leq \omega_b \\ 0, & |\omega| > \omega_b \end{cases}$ . Найти автокорреляционную

функцию процесса  $X(t)$ .

### Задача 8.

Пусть  $x(t)$  – стационарный, эргодический, действительный, случайный процесс. Показать, что автокорреляционная функция обладает

1) свойством четности  $C_{xx}(\tau) = C_{xx}(-\tau)$ ;

2) спектральная плотность мощности ( $TFC_{xx}(\tau)$ ) действительна и чётна.

### Задача 9.

Пусть  $x(t)$ ,  $y(t)$  – стационарные, эргодические действительные случайные процессы. Показать, что взаимные корреляционные функции обладают свойством  $C_{xy}(\tau) = C_{yx}(-\tau)$ .

### Задача 10.

Пусть  $\tilde{x}(t)$ ,  $\tilde{y}(t)$  – эргодические, центрированные, случайные функции. Показать, что  $C_{\tilde{x}\tilde{y}}(\tau = \infty) = C_{\tilde{y}\tilde{x}}(\tau = \infty) = 0$ .

## Контрольная работа № 5

### Задача 1.

Случайная величина  $x$  распределена по закону Гаусса  $\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left\{-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right\}$ . Найти моменты 1, 2, ...,  $n$  порядков  $\mu_n = \int_{-\infty}^{\infty} x^n \varphi(x) dx$ . Доказать, что все моменты чётного порядка выражаются через момент второго порядка.

### Задача 2.

Случайная величина  $x$  распределена по закону Гаусса  $\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left\{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right\}$ .

Получить формулу для вычисления моментов  $k$ -порядка  $\mu_k$  через моменты низшего порядка центрированной случайной величины.

### Задача 3.

Приёмник регистрирует случайный процесс  $x(t)$  на фоне некоррелированного Гауссового шума  $y(t)$ . Выборочные функции случайного процесса имеют вид  $x(t) = a \sin(\omega t + \alpha)$ , где  $a$  – постоянная амплитуда,  $\omega$  – постоянная частота,  $\alpha$  – фаза, являющаяся случайной величиной с равномерным распределением вероятностей в интервале  $(0, 2\pi)$ . Плотность вероятности Гауссового шума определяется выражением

$$\varphi(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left\{-\frac{y^2}{2\sigma^2}\right\}.$$

Найти условие интерференции результирующего сигнала  $X(t) = x(t) + x(t+\tau) + y(t)$ .

## Контрольная работа № 6

### Задача 1.



Найти корреляционную функцию процесса вида «случайного телеграфного сигнала» – случайного процесса  $\xi(t)$ , представляющего собой последовательность скачков напряжения между значениями  $+5$  В и  $-5$  В, причем моменты скачков распределены по закону Пуассона  $p_T = \frac{(\lambda T)^n}{n!} \exp(-\lambda T)$ , где  $\lambda$  – среднее число скачков в единицу времени.

### Задача 2.

Устройство, имеющее два устойчивых состояния (триггер), находится под воздействием случайной последовательности управляющих импульсов, с одинаковой вероятностью имеющих знаки плюс и минус. Пусть положительный импульс создает или сохраняет состояние 1 триггера, отрицательные – создает или сохраняет состояние 2. Число импульсов, поступающих на триггер в единицу времени, равно  $a$ .

Считая, что в начальный момент времени триггер находился в состоянии 1, найти вероятность обнаружить триггер в состояниях 1 и 2 в момент времени  $t$ .

### Задача 3.

Случайный процесс Пуассона со средней скоростью числа событий  $\gamma$  заключается в удвоении числа частиц в результате каждого события (лавинный процесс умножения частиц). Полагая, что в начальный момент времени  $t_0$  было  $N_0$  частиц, найти 1) среднее число частиц в момент  $t > t_0$ ; 2) автокорреляционную функцию.

### Задача 4.

Случайный процесс Пуассона со средней скоростью числа событий  $\gamma$  заключается в появлении еще одной частицы в результате каждого события. Полагая, что в начальный момент времени  $t_0$  частицы отсутствовали, найти

1) среднее число частиц в момент  $t > t_0$ ; 2) автокорреляционную функцию.

## 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

По дисциплине «Методы обработки биомедицинских сигналов и данных» предусмотрен экзамен, который является формой промежуточной аттестации.

### Перечень вопросов, выносимых на экзамен:

1. Измерительная процедура.
2. Измерительная система.
3. Данные измерений.
4. Характеристика методов обработки экспериментальных данных.
5. Преобразование Фурье периодических функций.
6. Преобразование Фурье непериодических функций.
7. Преобразование Фурье функций с ограниченной областью определения.
8. Физический смысл преобразования Фурье.
9. Понятия скалярного произведения и нормы. Теорема Пварсеваля.
10. Мощность и энергия сигналов.
11. Преобразование Лапласа.
12. Свертка.
13. Теорема Планшереля.
14. Фильтрация.
15. Физический фильтр.

16. Дискретизация. Теорема дискретизации Шеннона.
17. Теорема восстановления Котельникова-Шеннона.
18. Дискретизация, осуществляемая реальным устройством.
19. Дискретное преобразование Фурье.
20. Обратное ДПФ. Частотная или амплитудная фильтрация.
21. Быстрое преобразование Фурье.
22. Характеристика Вейвлет преобразования и его сопоставление с преобразованием Фурье.
23. Вейвлет преобразование сигнала.
24. Корреляция между процессами, заданными различными реализациями.
25. Корреляция между процессами, заданными одной реализацией каждого из процессов.
26. Корреляционные функции.
27. Сигналы с конечной и бесконечной энергией.
28. Теорема Винера-Хинчина. Коррелометр.
29. Случайные процессы и временные ряды. Распределение вероятностей.
30. Математическое ожидание случайной величины. Характеристическая функция.
31. Гауссовский случайный процесс.
32. Марковский случайный процесс.
33. Пуассоновский случайный процесс.
34. Применение методов обработки сигналов в медицине.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Умняшкин, С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие / С.В. Умняшкин. - Москва : Техносфера, 2016. - 528 с. : ил., табл., схем. - (Мир цифровой обработки). - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-94836-424-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444859>
2. Дворкович, В.П. Оконные функции для гармонического анализа сигналов / В.П. Дворкович, А.В. Дворкович. - Издание второе, переработанное и дополненное. - Москва : Техносфера, 2016. - 216 с. : ил., табл., схем. - (Мир цифровой обработки). - ISBN 978-5-94836-432-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444852>
3. Сальников, И.И. Растровые пространственно-временные сигналы в системах анализа изображений / И.И. Сальников. - Москва : Физматлит, 2009. - 244 с. - ISBN 978-5-9221-1126-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76612>
4. Щетинин, Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB : учебное пособие / Ю.И. Щетинин. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 115 с. - ISBN 978-5-7782-1807-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229142>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

## 5.2 Дополнительная литература:

1. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях / В.Ф. Кравченко, А.А. Зеленский, О.В. Горячкин и др. - Москва : Физматлит, 2007. - 544 с. - ISBN 978-5-9221-0871-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82181>
2. Попечителей, Евгений Парфирович, Корневский, Николай Алексеевич Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника: теория и проектирование : учебное пособие для студентов /Е. П. Попечителей, Н. А. Корневский ; под ред. Е. П. Попечителя -М.: Высшая школа, 2002
3. Бакалов, Валерий Петрович Цифровое моделирование случайных процессов : учебное пособие для студентов вузов /В. П. Бакалов ; [Учебно-метод. объединение по образованию в области радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации] - М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002
4. Белов, Леонид Алексеевич Синтезаторы частот и сигналов: Конспекты лекций: Учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломированных специалистов 654200 "Радиотехника" /Ред. Т. В. Суханова; М-во образования РФ, Учебно-метод. объединение по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации -М.: САИНС-ПРЕСС, 2002
5. Яковлев, Альберт Николаевич Основы вейвлет-преобразования сигналов: [направление : радиотехника] : учебное пособие для студентов вузов /А. Н. Яковлев ; [М-во образования Рос. Федерации, Учебно-метод. объединение по образованию в области радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации] -М.: САЙНС-ПРЕСС, 2003
6. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник для студентов вузов : в 5 т. Т. 1 Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления/под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова Изд. 2-е, перераб. и доп. -М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004

7. Рангайян, РангараджМандаям Анализ биомедицинских сигналов: практический подход : учебное пособие для студентов вузов /Р. М. Рангайян ; пер. с англ. А. Н. Калиниченко под ред. А. П. Немирко -М.: ФИЗМАТЛИТ , 2007

8. Крянев, Александр Витальевич, Лукин, Г. В. Математические методы обработки неопределенных данных: учебное пособие для студентов вузов /А. В. Крянев, Г. В. Лукин Изд. 2-е, испр. -М.: ФИЗМАТЛИТ , 2006

9. Оппенгейм, А., Шафер, Р. Цифровая обработка сигналов: [учебник] /А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. С. А. Кулешова ; под ред. А. С. Ненашева -М.: Техносфера, 2006

10. Булавин, Леонид Анатольевич, Выгорницкий, Николай Викторович, Лебовка, Николай Иванович Компьютерное моделирование физических систем: [учебное пособие] /Л. А. Булавин, Н. В. Выгорницкий, Н. И. Лебовка -Долгопрудный: Интеллект, 2011

11. Рябов, Валерий Александрович Принципы статистической физики и численное моделирование: [учебное пособие] /В. А. Рябов -Долгопрудный: Интеллект, 2014

### 5.3. Периодические издания:

1. Вестник СПбГУ.Серия: Физика. Химия.
2. Журнал экспериментальной и теоретической физики.
3. Известия ВУЗов.Серия: Физика.
4. Журнал "Цифровая обработка сигналов"
5. Международный научно-практически журнал "Программные продукты и системы"

### 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

№ п/п	Ссылка	Пояснение
1.	<a href="http://www.book.ru">http://www.book.ru</a>	BOOK.ru – электронная библиотечная система (ЭБС) современной учебной и научной литературы. Библиотека BOOK.ru содержит актуальную литературу по всем отраслям знаний, коллекция пополняется электронными книгами раньше издания печатной версии.
2.	<a href="http://www.ibooks.ru">http://www.ibooks.ru</a>	Айбукс.ру – электронная библиотечная система учебной и научной литературы. В электронную коллекцию включены современные учебники и пособия ведущих издательств России.
3.	<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>	Платформа ScienceDirect обеспечивает всесторонний охват литературы из всех областей науки, предоставляя доступ к более чем 2500 наименований журналов и более 11000 книг из коллекции издательства «Эльзевир», а также огромному числу журналов, опубликованных престижными научными сообществами. Полнотекстовая база данных ScienceDirect является непревзойденным Интернет-ресурсом научно-технической и медицинской информации и содержит 25% мирового рынка научных публикаций.
4.	<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>	База данных Scopus индексирует более 18 тыс. наименований журналов от 5 тыс. международных

		издательств, включая более 300 российских журналов. Непревзойденная поддержка в поиске научных публикаций и предоставлении ссылок на все вышедшие рефераты из обширного объема доступных статей. Возможность получения информации о том, сколько раз ссылались другие авторы на интересующую Вас статью, предоставляется список этих статей. Отслеживание своих публикаций с помощью авторских профилей, а так же работы своих соавторов и соперников.
5.	<a href="http://www.scirus.com">http://www.scirus.com</a>	Scirus – бесплатная поисковая система для поиска научной информации.
6.	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека (НЭБ) содержит полнотекстовые версии научных изданий ведущих зарубежных и отечественных издательств.
7.	<a href="http://diss.rsl.ru">http://diss.rsl.ru</a>	«Электронная библиотека диссертаций» Российской Государственной Библиотеки (РГБ) в настоящее время содержит более 400 000 полных текстов наиболее часто запрашиваемых читателями диссертаций. Ежегодное оцифровывание от 25000 до 30000 диссертаций.
8.	<a href="http://moodle.kubsu.ru">http://moodle.kubsu.ru</a>	Среда модульного динамического обучения

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

Основной учебной работой студента является самостоятельная работа в течение всего срока обучения. Начинать изучение дисциплины необходимо с ознакомления с целями и задачами дисциплины и знаниями и умениями, приобретаемыми в процессе изучения. Далее следует проработать конспекты лекций, рассмотрев отдельные вопросы по предложенным источникам литературы. Все неясные вопросы по дисциплине студент может разрешить на консультациях, проводимых по расписанию. При подготовке к практическим занятиям студент в обязательном порядке изучает теоретический материал в соответствии с методическими указаниями.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

1. Использование электронных презентаций при проведении лекций.
2. Выполнение лабораторных работ, предусмотренных.

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.**

1. Adobe Acrobat X Pro создание редактирование PDF документов
2. Операционная система MS Windows версии XP, 7,8,10
3. Пакет офисных программ Microsoft Office 2010.

### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

1. Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
2. Электронная библиотечная система издательства "Лань" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер) и соответствующим программным обеспечением (ПО) (кабинет 300С)
2.	Лабораторные занятия	Специальное помещение, оснащенное доской и учебной мебелью (кабинет 132С)
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Специализированный класс физико-технического факультета (кабинет 204С, 213С)
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Специализированный класс физико-технического факультета (кабинет 204С, 213С)
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. (кабинет 204С, 213С)