

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
 на заседании кафедры  
 протокол от «24» июня 2021 г. № 5

Зав. кафедрой Шарипов Т.И. / 

Согласовано:  
 Председатель УМК факультета /института

Балапанов М.Х. / 

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина «Флуктуационные процессы в физических системах»  
Вариативная часть, Б1.В.02

Направление подготовки (специальность)  
**03.04.03 Радиофизика**  
*(код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки  
**«Цифровые технологии обработки информации»**  
*(наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация  
**Магистр**

<p>Разработчики (составители)  <u>профессор, д.хим.н.</u></p>	<p> /Доломатов М.Ю./</p>
---	--

Для приема: 2021 г.  
 Уфа 2021 г.

Составитель / составители: профессор, д.хим.н. Долматов М.Ю.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «25»июня 2021 г. № 5

Заведующий кафедрой



/ Т.И. Шарипов

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

1.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций).	4
2.	Место дисциплины в структуре образовательной программы.	5
3.	Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) Приложение № 1	6 (25)
4.	Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1.	Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах информирования, описание шкал оценивания	6
4.2.	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
4.3.	Рейтинг-план дисциплины (Приложение № 2)	15(26)
5.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	15
5.1.	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.	15
5.2.	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины.	16
6.	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	16

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

**ОПК-4-** способностью к свободному владению профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, использованию современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

**ПК-3** способностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей

**ПК-6** способностью составлять обзоры перспективных направлений научно-инновационных исследований, готовность к написанию и оформлению патентов в соответствии с правилами

Результаты обучения		Формируемые компетенции с указанием кода
<b>Знания.</b>	Математические методы описания статистических характеристик флуктуационных процессов в физических системах	<b>ПК-6</b>
	Аналоговые и цифровые методы измерения характеристик флуктуационных процессов в радиофизических системах	<b>ОПК-4</b>
	Методы математического моделирования флуктуационных процессов в физических системах	<b>ПК-3</b> <b>ПК-6</b>
	Перспективы развития исследований в области изучения флуктуационных процессов	<b>ОПК-4</b> <b>ПК-6</b>
<b>Умения</b>	Выполнять количественную и качественную оценку характеристик флуктуационных процессов и случайных полей радиофизических систем	<b>ПК-3</b>
	Выполнять расчеты основных статистических характеристик флуктуационных процессов на основе теории вероятностей и статистических методов	<b>ПК-3</b>
	Оценки перспектив применения флуктуационных методов для изучения радиофизических систем	<b>ОПК-4</b> <b>ПК-6</b>
<b>Владения</b> (навыки, опыт деятельности)	Методами решения математических задач по исследованию случайных процессов	<b>ОПК-4</b>
	Навыками применения флуктуационной спектроскопии и теории случайных полей для оценки состояния различных физических и технических систем	<b>ПК-3</b>

	Навыками компьютерных расчетов статистических, корреляционных и спектральных характеристик случайных процессов	<b>ПК-3</b>
	Навыками планирования научных исследований в области флуктуационной спектроскопии	<b>ПК-6</b>

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы.

Дисциплина «Флуктуационные процессы в физических системах» относится к вариативной части дисциплин для подготовки магистров направления 03.04.03 «Радиофизика» по профилю «Цифровые технологии обработки информации». Данная дисциплина является базовой в плане теоретической подготовки высококвалифицированных работников, владеющих современными статистическими методами расчета радиоэлектронных и инфокоммуникационных систем.

Дисциплина «Флуктуационные процессы в физических системах» входит в раздел общепрофессиональных дисциплин ФГОС-3 для подготовки магистров направления 03.04.03 «Радиофизика» по профилю «Цифровые технологии обработки информации». В курсе «Флуктуационные процессы в физических системах» используются единые принципы статистических расчетов случайных процессов в современных цифровых системах связи и информационных системах. В свою очередь, теоретической базой курса «Флуктуационные процессы в физических системах» являются основные сведения из дисциплин естественно-научного и профессионального циклов: математики, информатики, физики, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, теории электрических цепей, электроники, аналоговой и цифровой схемотехники.

Целью преподавания дисциплины «Флуктуационные процессы в физических системах» является изучение различных флуктуационных процессов в физических, радиоэлектронных и инфокоммуникационных системах.

В результате изучения дисциплины «Флуктуационные процессы в физических системах» у студентов должны сформироваться знания, навыки и умения, позволяющие самостоятельно проводить теоретический анализ и экспериментальные исследования флуктуационных процессов в аналоговых и цифровых радиофизических устройствах; осуществлять формирование, преобразование и обработку случайных сигналов; оценивать реальные и предельные возможности статистических, корреляционных и спектральных характеристик радиофизических систем.

Предусмотренный программой «Флуктуационные процессы в физических системах» учебный материал является не только базой для последующего изучения специальных дисциплин, но имеют также самостоятельное значение для формирования дипломированных специалистов по направлению 03.04.03 «Радиофизика».

Основными задачами освоения дисциплины «Флуктуационные процессы в физических системах» является следующее:

- Знакомство с основными методами математического описания флуктуационных процессов с различной степенью стохастичности;
- Изучение аналоговых и цифровых методов измерения статистических, корреляционных и спектральных характеристик флуктуационных процессов;
- Изучение основных видов флуктуационных процессов в физических системах (тепловой шум, дробовой шум, генерационно-рекомбинационный шум, фликкер-шум, импульсные помехи и шумы);
- Изучение методов математического описания случайных полей;

В курсе «Флуктуационные процессы в физических системах» предполагается более глубокое изучение отдельных разделов, связанных с методами математического описания флуктуационных процессов и случайных полей. При изучении указанных теоретических разделов особое внимание уделяется практической реализации информационно-измерительных систем, предназначенных для исследования флуктуационных процессов в радиофизических и в радиотехнических системах.

Приступая к изучению курса «Флуктуационные процессы в физических системах», студенты должны свободно владеть основными понятиями и методами теории линейных и нелинейных электрических цепей, теории вероятностей, математического анализа, линейной алгебры, комбинаторики, информатики и вычислительной техники. Приступая к выполнению лабораторных и практических занятий по курсу «Флуктуационные процессы в физических системах», студенты должны свободно владеть практическими навыками работы на современных персональных компьютерах в среде Linux, Windows, Office, должны знать хотя бы два алгоритмических языка высокого уровня (Pascal, Delphi, Basic, C++, ...), иметь навыки работы с электро- и радиоизмерительными приборами.

На лабораторных занятиях студенты приобретают навыки работы с электро- и радиоаппаратурой, измерительными приборами, компьютерной техникой и периферийным оборудованием, прорабатывают и закрепляют учебный материал на конкретных практических задачах и примерах.

В курсе «Флуктуационные процессы в физических системах» предполагается основное внимание уделить рассмотрению вопросов, связанных с математическим описанием случайных процессов, теории информации, экспериментальным методам исследования случайных процессов.

Курс «Флуктуационные процессы в физических системах» состоит из двух модулей. Первый модуль посвящен рассмотрению основных понятий, связанных с **математическим описанием флуктуационных процессов и случайных полей**. Второй модуль курса посвящен рассмотрению **основных видов флуктуаций в физических системах**.

### 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) Приложение № 1

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ОПК-4- способностью к свободному владению профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, использованию современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет".

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап (знания)	Знать: аналоговые и цифровые методы измерения статистических, корреляционных и спектральных характеристик флуктуационных процессов; основные виды флуктуационных процессов в физических системах (тепловой шум, дробовой шум, генерационно-рекомбинационный шум, фликкер-шум, импульсные помехи и шумы); методы математического	Студент не знает или знает с грубыми ошибками: аналоговые и цифровые методы измерения различных характеристик флуктуационных процессов, основные виды флуктуационных процессов в физических системах, а также методы математического описания случайных полей на алгоритмических языках	Студент знает или знает с незначительными ошибками: аналоговые и цифровые методы измерения различных характеристик флуктуационных процессов, основные виды флуктуационных процессов в физических системах, а также методы математического описания случайных полей на алгоритмических языках
		Студент набрал от 0 –до 59 баллов	Студент набрал от 60 – до 100 баллов

	описания случайных полей; хотя бы два алгоритмических языка высокого уровня (Pascal, Delphi, Basic, C++, ...)		
Второй этап (умения)	Уметь: измерять статистических, корреляционных и спектральных характеристик флуктуационных процессов; применять математическое описание основных видов флуктуационных процессов в физических системах с применением алгоритмических языков высокого уровня (Pascal, Delphi, Basic, C++, ...)	Студент не умеет или умеет с грубыми ошибками: измерять различные характеристики флуктуационных процессов; применять математическое описание основных видов флуктуационных процессов в физических системах и использовать алгоритмические языки высокого уровня	Студент умеет или умеет с незначительными ошибками: измерять различные характеристики флуктуационных процессов; применять математическое описание основных видов флуктуационных процессов в физических системах и использовать алгоритмические языки высокого уровня
Третий этап (владение навыками)	Владеть: аналоговыми и цифровыми методами измерения статистических, корреляционных и спектральных характеристик флуктуационных процессов; Математическим аппаратом описания случайных процессов; практическими навыками работы на современных персональных	Студент не владеет или владеет с грубыми ошибками: аналоговыми и цифровыми методами измерения различных характеристик флуктуационных процессов, методами математического описания случайных полей; практическими навыками работы на современных персональных компьютерах и	Студент владеет или владеет с незначительными ошибками: аналоговыми и цифровыми методами измерения различных характеристик флуктуационных процессов, методами математического описания случайных полей; практическими навыками работы на современных персональных



	компьютерах в среде Linux, Windows, Office и не менее, чем двумя алгоритмическими языками высокого уровня (Pascal, Delphi, Basic, C++, ...), а также навыками работы с электро- и радиоизмерительным и приборами	алгоритмическими языками высокого уровня, а также навыками работы с электро- и радиоизмерительным и приборами	компьютерах и алгоритмическими языками высокого уровня, а также навыками работы с электро- и радиоизмерительным и приборами
--	--	---	---

**ПК-3** способностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап (знания)	Знать: основные понятия и методы теории линейных и нелинейных электрических цепей, теорию вероятности, математический анализ, линейную алгебру, комбинаторику, информатику и вычислительную технику.	Студент не знает или знает с грубыми ошибками: основные понятия и методы теории линейных и нелинейных электрических цепей, теорию вероятности, математический анализ, линейную алгебру, комбинаторику, информатику и вычислительную технику.	Студент знает или знает с незначительными ошибками: основные понятия и методы теории линейных и нелинейных электрических цепей, теорию вероятности, математический анализ, линейную алгебру, комбинаторику, информатику и вычислительную технику.
Второй этап (умения)	Уметь: применять на практике навыки теории линейных и нелинейных	Студент не умеет или умеет с грубыми ошибками: применять на	Студент умеет или умеет с незначительными ошибками:

	электрических цепей, теорию вероятности, математический анализ, линейную алгебру, комбинаторику, информатику и вычислительную технику.	практике навыки теорию линейных и нелинейных электрических цепей, теорию вероятности, математический анализ, линейную алгебру, комбинаторику, информатику и вычислительную технику.	применять на практике навыки теорию линейных и нелинейных электрических цепей, теорию вероятности, математический анализ, линейную алгебру, комбинаторику, информатику и вычислительную технику.
Третий этап (владение навыками)	Владеть: навыками работы с электро- и радиоизмерительным и приборами; навыками работы на современных персональных компьютерах; навыками программирования на алгоритмических языках высокого уровня	Студент не владеет или владеет с грубыми ошибками: навыками работы с электро- и радиоизмерительным и приборами; навыками работы на современных персональных компьютерах; навыками программирования на алгоритмических языках высокого уровня	Студент владеет или владеет с незначительными ошибками: навыками работы с электро- и радиоизмерительным и приборами; навыками работы на современных персональных компьютерах; навыками программирования на алгоритмических языках высокого уровня

**ПК-6** способностью составлять обзоры перспективных направлений научно-инновационных исследований, готовность к написанию и оформлению патентов в соответствии с правилами

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено» Студент набрал от 0 – до 59 баллов	«Зачтено» Студент набрал от 60 – до 100 баллов

Первый этап (знания)	Знать: способы математического описания случайных процессов, теорию информации, основы экспериментальных методов исследования случайных процессов	Студент не знает или знает с грубыми ошибками: теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, методов теоретических и экспериментальных исследований в физике.	Студент знает или знает с незначительными ошибками: теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, методов теоретических и экспериментальных исследований в физике.
Второй этап (умения)	Уметь: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики.	Студент не умеет или умеет с грубыми ошибками: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики.	Студент умеет или умеет с незначительными ошибками: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики.
Третий этап (владение навыками)	Владеть: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области радиофизики случайных процессов.	Студент не владеет или владеет с грубыми ошибками: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области радиофизики случайных процессов.	Студент владеет или владеет с незначительными ошибками: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области радиофизики случайных процессов.

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной**

**программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать: аналоговые и цифровые методы измерения статистических, корреляционных и спектральных характеристик флуктуационных процессов; основные виды флуктуационных процессов в физических системах методы математического описания случайных полей; алгоритмические языки высокого уровня (Pascal, Delphi, Basic, C++, ...)	ОПК-4	Проверка на соответствие требованиям обработки результатов измерений и оформления отчета. Защита лабораторной работы (устный опрос).
	Знать: основные понятия и методы теории линейных и нелинейных электрических цепей, теорию вероятности, математический анализ, линейную алгебру, комбинаторику, информатику и вычислительную технику.	ПК-3	
	Знать: способы математического описания случайных процессов, теорию информации, основы экспериментальных методов исследования случайных процессов	ПК-6	
2-й этап Умения	Уметь: измерять статистических, корреляционных и спектральных характеристик флуктуационных процессов; применять математическое описание основных видов флуктуационных процессов в физических системах с применением алгоритмических языков высокого уровня (Pascal, Delphi, Basic, C++, ...)	ОПК-4	Проверка на соответствие требованиям обработки результатов измерений и оформления отчета. Защита лабораторной работы (устный опрос).
	Уметь: применять на практике навыки теории линейных и нелинейных электрических цепей, теорию вероятности, математический анализ, линейную алгебру, комбинаторику, информатику и вычислительную	ПК-3	

	технику.		
	Уметь: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики.	ПК-6	
3-й этап	Владеть: аналоговыми и цифровыми методами измерения различных характеристик флуктуационных процессов; математическим аппаратом описания случайных процессов; практическими навыками работы на современных персональных компьютерах и алгоритмическими языками высокого уровня (Pascal, Delphi, Basic, C++, ...).	ОПК-4	Проверка на соответствие требованиям обработки результатов измерений и оформления отчета. Защита лабораторной работы (устный опрос).
Владеть навыкам и	навыками работы с электро- и радиоизмерительными приборами; навыками работы на современных персональных компьютерах; навыками программирования на алгоритмических языках высокого уровня	ПК-3	
	Владеть: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области радиофизики случайных процессов.	ПК-6	

### Список вопросов по курсу «Флуктуационные процессы в физических системах»

1. Основные вопросы данной дисциплины. Специфика математических методов описания флуктуационных процессов.
2. Особенности математического описания, моделирования и экспериментального исследования флуктуационных процессов с различной степенью стохастичности.
3. Описание флуктуационных процессов в физических системах с помощью одномерной функции распределения.
4. Аналоговые методы исследования статистики флуктуационных процессов. Оценка вида одномерной функции распределения с помощью осциллографа.
5. Цифровые методы измерения одномерной функции распределения флуктуационных процессов.

6. Центрированные флуктуационные процессы в радиотехнических системах и в радиофизике.
7. Описание и анализ флуктуационных процессов с помощью статистических моментов и кумулянтов.
8. Статистическое оценивание. Несмещенные и состоятельные оценки. Формулы, корректирующие смещенность оценок моментных функций первых четырех порядков для БГШ. Проблемы оценки статистических моментов для низкочастотных флуктуационных процессов.
9. Эргодичность флуктуационных процессов в физике. Использование эргодичности для статистического усреднения и усреднения во времени.
10. Эквивалентность описания флуктуационных процессов в физических системах с помощью характеристической функции и функции распределения.
11. Флуктуационные процессы в физических системах, имеющих нулевые, положительные и отрицательные коэффициенты асимметрии и эксцесса.
12. Флуктуационные процессы в физических системах с нормальным законом распределения. Особенности применимости центральной предельной теоремы для флуктуационных процессов в нанoeлектронных приборах.
13. Описание флуктуационных процессов с помощью стохастических дифференциальных уравнений. Уравнение Фоккера-Планка.
14. Компенсационные радиометры сигналов. Нуль- радиометры сигналов. Модуляционные радиометры сигналов.
15. Описание флуктуационных процессов с помощью двумерной функции распределения. ДФР флуктуационных процессов с нормальной статистикой.
16. Описание флуктуационных процессов с помощью ковариационных, автокорреляционных и взаимно-корреляционных функций.
17. Экспериментальные методы оценки коэффициента корреляции.
18. Описание флуктуационных процессов с помощью энергетических частотных спектров.
19. Математическая модель  $\delta$ -коррелированного шума.
20. Анализ частотных спектров флуктуационных процессов с помощью дискретного и быстрого преобразования Фурье.
21. Пространственно-временные флуктуационные процессы на межфазовых границах и на поверхности твердых тел.
22. Математическое описание и моделирование профилей случайных полей, сочетающих в себе регулярные и нерегулярные составляющие.
23. Пространственно-корреляционные функции случайных полей, имеющих регулярную и хаотическую составляющие.
24. Оценка характеристик регулярных и хаотических составляющих профилей случайных полей с помощью одномерного и двумерного преобразования Фурье.
25. Флуктуационные процессы, связанные с импульсными случайными процессами. Дробовой шум в линейных и в нелинейных электрических цепях.
26. Спектры дробового шума на высоких частотах.
27. Депрессия дробового шума в электровакуумных приборах.
28. Депрессия дробового шума в металлах.
29. Термодинамически равновесные флуктуации в физических системах и их описание в классическом и в квантово-механическом приближениях.
30. Тепловые флуктуации в линейных и нелинейных электрических цепях с различными механизмами диссипации энергии.
31. Эквивалентная температура дробового шума термоэлектронных и полевых эмиссионных приборов.
32. Флуктуации числа носителей в полупроводниковых материалах. Генерационно-рекомбинационный шум.

33. Флуктуации подвижности носителей заряда в полупроводниковых материалах.
34. Флуктуационная спектроскопия энергетических характеристик и времен релаксации.
35. Фликкер-шум. Основные свойства фликкер-шума. Механизмы возникновения ФШ.
36. Описание флуктуационных процессов в физических системах с помощью эмпирической формулы Hooge.
37. Оценка диапазона частот  $1/f$  шума в физических системах на основе различных математических моделей флуктуаторов.
38. Оценка нижней граничной частоты и времени деградации в физических системах с  $1/f'$  флуктуациями.
39. Некратное интегрирование флуктуационных процессов в радиотехнических системах.
40. Флуктуационные процессы с двухуровневым и многоуровневым квантованием. АКФ и СПМ флуктуационных процессов с квантованием по уровню.

### **Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу**

1. Специфика математических методов описания флуктуационных процессов.
2. Особенности математического описания, моделирования и экспериментального исследования флуктуационных процессов с различной степенью стохастичности.
3. Описание флуктуационных процессов в физических системах с помощью одномерной функции распределения.
4. Аналоговые методы исследования статистики флуктуационных процессов. Оценка вида одномерной функции распределения с помощью осциллографа.
5. Цифровые методы измерения одномерной функции распределения флуктуационных процессов.
6. Центрированные флуктуационные процессы в радиотехнических системах и в радиофизике.
7. Описание и анализ флуктуационных процессов с помощью статистических моментов и кумулянтов.
8. Статистическое оценивание. Несмещенные и состоятельные оценки. Формулы, корректирующие смещенность оценок моментных функций первых четырех порядков для БГШ. Проблемы оценки статистических моментов для низкочастотных флуктуационных процессов.
9. Эргодичность флуктуационных процессов в физике. Использование эргодичности для статистического усреднения и усреднения во времени.
10. Эквивалентность описания флуктуационных процессов в физических системах с помощью характеристической функции и функции распределения.
11. Флуктуационные процессы в физических системах, имеющих нулевые, положительные и отрицательные коэффициенты асимметрии и эксцесса.
12. Флуктуационные процессы в физических системах с нормальным законом распределения. Особенности применимости центральной предельной теоремы для флуктуационных процессов в наноэлектронных приборах.
13. Описание флуктуационных процессов с помощью стохастических дифференциальных уравнений. Уравнение Фоккера-Планка.
14. Компенсационные радиометры сигналов. Нуль- радиометры сигналов. Модуляционные радиометры сигналов.
15. Описание флуктуационных процессов с помощью двумерной функции распределения. ДФР флуктуационных процессов с нормальной статистикой.
16. Описание флуктуационных процессов с помощью ковариационных, автокорреляционных и взаимно-корреляционных функций.
17. Экспериментальные методы оценки коэффициента корреляции.
18. Описание флуктуационных процессов с помощью энергетических частотных спектров.
19. Математическая модель  $\delta$ -коррелированного шума.

20. Анализ частотных спектров флуктуационных процессов с помощью дискретного и быстрого преобразования Фурье.
21. Пространственно-временные флуктуационные процессы на межфазовых границах и на поверхности твердых тел.
22. Математическое описание и моделирование профилей случайных полей, сочетающих в себе регулярные и нерегулярные составляющие.
23. Пространственно-корреляционные функции случайных полей, имеющих регулярную и хаотическую составляющие.
24. Оценка характеристик регулярных и хаотических составляющих профилей случайных полей с помощью одномерного и двумерного преобразования Фурье.
25. Флуктуационные процессы, связанные с импульсными случайными процессами. Дробовой шум в линейных и в нелинейных электрических цепях.
26. Спектры дробового шума на высоких частотах.
27. Депрессия дробового шума в электровакуумных приборах.
28. Депрессия дробового шума в металлах.
29. Термодинамически равновесные флуктуации в физических системах и их описание в классическом и в квантово-механическом приближениях.
30. Тепловые флуктуации в линейных и нелинейных электрических цепях с различными механизмами диссипации энергии.
31. Эквивалентная температура дробового шума термоэлектронных и полевых эмиссионных приборов.
32. Флуктуации числа носителей в полупроводниковых материалах. Генерационно-рекомбинационный шум.
33. Флуктуации подвижности носителей заряда в полупроводниковых материалах.
34. Флуктуационная спектроскопия энергетических характеристик и времен релаксации.
35. Фликкер-шум. Основные свойства фликкер-шума. Механизмы возникновения ФШ.
36. Описание флуктуационных процессов в физических системах с помощью эмпирической формулы Нооге.
37. Оценка диапазона частот  $1/f$  шума в физических системах на основе различных математических моделей флуктуаторов.
38. Оценка нижней граничной частоты и времени деградации в физических системах с  $1/f'$  флуктуациями.
39. Некратное интегрирование флуктуационных процессов в радиотехнических системах.
40. Флуктуационные процессы с двухуровневым и многоуровневым квантованием.

### **Описание методики оценивания итогового контроля.**

При приеме экзамена используется 30-бальная система оценок.

#### **(30 баллов)**

Ответ на вопрос должен показать глубокие, прочные знания студента. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, примеры практического применения, использовать современные данные науки. Студент должен устанавливать причинно-следственные связи, уметь применять знания в новой ситуации. Студент должен продемонстрировать умение делать аргументированные выводы.

#### **(20 баллов)**

Ответ студента должен показать глубокие, прочные знания. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные



понятия, термины, развернутые определения, примеры практического применения, использовать данные современной науки. Студенту необходимо устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов объективности и научности. В ответе допускаются отдельные несущественные неточности.

**(10 баллов)**

Ответ на вопросы должен показать знания поставленных вопросов. Необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, примеры практического применения, использовать данные современной науки. В ответе могут допускаться существенные ошибки и неточности.

**(0 баллов)**

Ответы на поставленные вопросы не соответствуют их содержанию или минимальной полноте изложения основных понятий, терминов, определений, примеров реализации. Студент не умеет составлять и анализировать радиотехнические схемы, устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов научности и объективности, анализировать процессы, происходящие в физических системах по тематике вопроса. Ответ студента не соответствует вопросу, а так же при отсутствии ответа и при отказе от ответа.

Преподаватель может поощрить студентов за участие в научных конференциях, конкурсах, олимпиадах, за активную работу на аудиторных занятиях, за публикации статей, за работу со школьниками, выполнение заданий повышенной сложности в виде поощрительных баллов (до 10 баллов за семестр).

Перевод оценки из 100-балльной в 5-балльную производится следующим образом:

- отлично - от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо - от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно - от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – от 35 до 44 баллов.
- не допущен – менее 35 баллов

### **Список тем лабораторных работ**

1. Изучение алгоритмов вычисления одномерной функции распределения флуктуационных процессов.
2. Изучение алгоритмов вычисления кумулянтных коэффициентов флуктуационных процессов.
3. Изучение алгоритмов и программной реализации вычисления автокорреляционной функции флуктуационных процессов.
4. Изучение алгоритмов и программной реализации цифровых методов измерения спектральной плотности мощности флуктуационных процессов.
  - а) реализация программы измерения СПМ шума на основе алгоритма ДПФ;
  - б) реализация программы измерения СПМ шума на основе алгоритма БПФ

### 5. Исследование с помощью программы 3d Image межфазовых границ физических объектов с позиции моделей случайных полей.

- а) Подготовка файла изображения межфазовой границы физического объекта (случайного поля) с помощью цифрового фотоаппарата или цифрового микроскопа;
- б) Чтение файла изображения случайного поля и построение трехмерного изображения с помощью программы 3d Image.
- в) Получение яркостных профилей строк изображения.
- г) Расчет одномерных пространственно-корреляционных функций профилей строк.
- д) Расчет коэффициентов (степени) стохастичности и регулярности (кристалличности) различных участков межфазовой границы.

### 3. Исследование спектральной плотности мощности и АКФ двухуровневых флуктуационных процессов

программа для генерирования двухуровневого флуктуационного процесса;  
исследование АКФ двухуровневого флуктуационного процесса;  
исследование СПМ двухуровневого флуктуационного процесса;

#### **Лабораторные работы для самостоятельного выполнения**

#### 1. Изучение алгоритмов и программной реализации измерения автокорреляционной функции случайных процессов.

- а) метод некоррелированных выборок вычисления АКФ;
- б) метод сильнокоррелированных выборок вычисления АКФ.

#### 2. Изучение алгоритмов и программной реализации цифровых методов измерения спектральной плотности мощности случайных процессов.

- а) реализация программы измерения СПМ шума на основе алгоритма ДПФ;
- б) реализация программы измерения СПМ шума на основе алгоритма БПФ

#### 3. Изучение программной реализации алгоритмов измерения двумерной функции распределения (ДФР) случайных процессов.

Методы генерирования гауссовского шума с заданными динамическими характеристиками. Проверка центральной предельной теоремы.

Программная реализация построения трехмерных графических изображений.

ДФР безынерционного гауссовского и  $m$ -связного Марковского случайного процесса с различными задержками по базовому времени  $\tau$  между аргументами ДФР.

#### **Критерии оценки (в баллах):**

-10 баллов выставляется студенту в случае верного выполнения работы, наличия полного отчёта и правильных ответов на дополнительные вопросы, которые показывают высокий уровень понимания студентом темы.

-8-9 балла выставляется студенту в случае верного выполнения работы, наличия полного отчёта и более чем 75% правильных ответов на дополнительные вопросы, показывающих хороший уровень понимания студентом темы.

6-7- балла выставляется студенту в случае верного выполнения работы, наличия полного отчёта, но с ошибками в расчетах, и более чем 75% правильных ответов на дополнительные вопросы, показывающих хороший уровень понимания студентом темы.

-3-4 балла выставляется студенту в случае верного выполнения работы, наличия полного отчёта, но с ошибками в расчетах, и более чем 50% правильных ответов на дополнительные вопросы, показывающих хороший уровень понимания студентом темы.

-1-3 балла выставляется студенту в случае неполного выполнения работы, наличием незаконченного отчёта и отсутствию ответов на дополнительные вопросы более чем на 50%.

-0 баллов выставляются студенту, если не сделана работа, отсутствует отчёт.

### Пример задания для тестирования

1. В радиопроцессе называют

1. Превращение энергии из одной формы в другую;
2. Зависимость какой-либо характеристики от времени;
3. Зависимость какой-либо характеристики от пространственных координат;
4. Передачу информации по каналам связи.

2. Хаотическими называют процессы, которые

1. Характеризуют нарушение научных законов;
2. Лишены каких-либо закономерностей изменения во времени;
3. Имеют признаки случайного и детерминированного изменения во времени;
4. Имеют признаки случайного и детерминированного изменения в пространстве;
5. Хаотично распределены в пространстве и времени.

3. Случайными называются поля, описываемые с помощью

#### **Критерии оценивания:**

*За каждый правильный ответ – 1 балл.*

*Максимальное количество баллов- 10.*

*Минимальное – 0 баллов.*

### Поощрительные баллы

#### **Участие в конференции- 5 баллов**

Творческий подход к отбору и структурированию материала	-	1 балл
Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	1 балл
Выступление не является простым чтением с экрана	-	1 балл
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	1 балл
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	1 балл

**Публикация научных трудов** в рецензируемом журнале ВАК или базы Scopus/ Web of Science – 5 баллов

### 4.3. Рейтинг-план дисциплины (Приложение № 2)

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

#### Основная литература

1. Гоц С.С. Основы описания и компьютерных расчетов характеристик случайных процессов в статистической радиофизике. Уфа, 2005, 166 с
2. Гоц С.С. Основы построения и программирования автоматизированных систем цифровой обработки сигналов. 4-е издание. - Уфа, 2009, 221 с.
3. Ахманов С.А., Флуктуационные процессы в физических системах и оптика. Случайные колебания и волны в линейных системах.- (Электронный ресурс)/ Ахманов С.А.- М.: Физматлит, 2010, 4

#### Дополнительная литература

1. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Случайные процессы. М.: Наука, 1976, 494 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, ч.1. М.: Наука, 1976, 584 с.
3. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики. ч.2., М.: Наука, 1971, 936 с.
4. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: Наука, 1981, 640 с
5. Малахов А.Н. Кумулянтный анализ случайных негауссовских процессов и их преобразований М.: Советское радио, 1978.
6. Ван дер Зил А. Шум. Источники, описание, измерение. (Пер. с англ.) М.: Сов. радио, 1973, 178 с.
7. Ван дер Зил А. Шумы при измерениях. (Пер. с англ.) М.: Мир, 1979, 292 с.
8. Букингем М. Шумы в электронных приборах и системах. Пер. с англ. М.: Мир, 1986, 399 с.
9. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982, 624 с.
10. Шумы в электронных приборах. Под ред. Л.Д.Смуллина и Г.А.Хауса. Пер. с англ. под ред. К.И.Палатова. М., Л.: Энергия, 1964, 484 с.
11. Канцлерис Ж., Матулис А. Теория теплых электронов. Под ред. Ю.Пожелы. Вильнюс, Моксклас, 1990, 177 с.
12. Лукьянчикова Н.Б. Флуктуационные явления в полупроводниках приборах. М.: Радио и связь, 1990, 296 с.
13. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 2003, 462 с.
14. Мирский Г.Я. Электронные измерения. М.: Радио и связь, 1986, 440 с.

15. Мирский Г.Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов. М.: Энергия, 1972, 456 с.
16. Купер Дж., Макгиллем К. Вероятностные методы анализа сигналов и систем: Пер. с англ. М.: Мир, 1989, 376 с.
17. Бахтизин Р.З., Гоц С.С. Статистические процессы в электронных приборах. Часть 1. Методы описания и измерения основных характеристик случайных процессов. Уфа: 1991, 64 с
18. Ghots S.S., Bakhtizin R.Z. Model of m-level low-frequency current fluctuations in metal thermionic cathodes // Applied Surface science, 2003, 215, p.105-112
19. Бахтизин Р.З., Гоц С.С. К вопросу об оценке эквивалентной температуры дробового шума полупроводниковых полевых эмиттеров // Микроэлектроника, 1997, №2, с.112-116
20. Галлямов Р.Р., Гоц С.С., Бахтизин Р.З. Генератор  $1/f^{\nu}$  шума. - Патент РФ № 2189107 от 10.09.2002.
21. Гоц С.С. Динамические характеристики элементарных  $1/f^{\nu}$  флуктуаций // Радиотехника и электроника, 1999. Т.44, № 4. С.499-504
22. Гоц С.С. К оценке диапазона частот фликкер-шума. // В сборнике докладов научно-технического семинара “Шумовые и деградационные процессы в полупроводниковых приборах, М.: 1996, с.48-53

## **5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины.**

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. – Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://elib.bashedu.ru/>

2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://biblioclub.ru/>

3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://e.lanbook.com/>

4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

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

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий Аудитория 311	Лабораторные занятия	6 персональных компьютеров Pentium 4 с установленным ПО: MS Windows XP/7, MS Office, Maple 5.0, Paint, GAMES. А также мультимедийный проектор, экран, доска
Помещения для самостоятельной работы Читальный зал № 2 (физмат корпус), зал доступа к электронной информации библиотеки (вход через читальный зал № 2 физмат корпус).	Самостоятельная работа	Читальный зал № 2 1. Научный и учебный фонд. 2. Научная периодика. 3. ПК (моноблок) - 3 шт. 4. Wi-Fi доступ для мобильных устройств. 5. Неограниченный доступ к ЭБС и БД. 6. Количество посадочных мест – 50. Зал доступа к электронной информации библиотеки 1. ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет. 2. Неограниченный доступ к электронным БД и ЭБС. 3. Количество посадочных мест – 8.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости):

1. Операционная система Linux.
2. Операционная система Windows XP, Windows 7, Windows 8.1.
3. Пакет программ Open Office.
4. Программа 3D Image.
5. Программа «Двухканальный анализатор сигналов»
6. Программа «Генератор сигналов»
7. Среда программирования «Turbo Pascal 7»
8. Среда программирования Delphi.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Флуктуационные процессы в физических системах» на 1 семестр  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	35.7
лекции	16
лабораторных	18
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	117.3
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма(ы) контроля: экзамен 1 семестр

## Основное содержание учебного материала дисциплины

	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах) Кол-во часов аудиторной работы				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач	Форма контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛЕК	ПР	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	8	9	10
1.	<p><b>Математическое описание флуктуационных процессов и случайных полей в физических системах:</b></p> <p>1. Основные вопросы данной дисциплины. Специфика математических методов описания флуктуационных процессов.</p> <p>2. Особенности математического описания, моделирования и экспериментального исследования флуктуационных процессов с различной степенью стохастичности.</p> <p>3. Описание флуктуационных процессов в физических системах с помощью одномерной функции распределения.</p> <p>4. Аналоговые методы исследования статистики флуктуационных процессов. Оценка вида одномерной функции распределения с помощью осциллографа.</p> <p>5. Цифровые методы измерения одномерной функции распределения флуктуационных процессов.</p> <p>6. Центрированные флуктуационные процессы в радиотехнических системах и в радиофизике.</p> <p>7. Описание и анализ флуктуационных процессов с помощью статистических моментов и кумулянтов.</p> <p>8. Статистическое оценивание. Несмещенные и состоятельные оценки. Формулы, корректирующие смещенность оценок моментных функций первых четырех порядков для БГШ. Проблемы оценки статистических моментов для низкочастотных флуктуационных процессов.</p> <p>9. Эргодичность флуктуационных процессов в физике. Использование эргодичности для статистического усреднения и усреднения во времени.</p>	8	2	9	58		По списку заданий	Коллоквиум, рабочие конспекты проработки вопросов. Защита лабораторной работы, тестирование



<p>10. Эквивалентность описания флуктуационных процессов в физических системах с помощью характеристической функции и функции распределения.</p> <p>11. Флуктуационные процессы в физических системах, имеющих нулевые, положительные и отрицательные коэффициенты асимметрии и эксцесса.</p> <p>12. Флуктуационные процессы в физических системах с нормальным законом распределения. Особенности применимости центральной предельной теоремы для флуктуационных процессов в нанoeлектронных приборах.</p> <p>13. Описание флуктуационных процессов с помощью стохастических дифференциальных уравнений. Уравнение Фоккера-Планка.</p> <p>14. Компенсационные радиометры сигналов. Нуль-радиометры сигналов. Модуляционные радиометры сигналов.</p> <p>15. Описание флуктуационных процессов с помощью двумерной функции распределения. ДФР флуктуационных процессов с нормальной статистикой.</p> <p>16. Описание флуктуационных процессов с помощью ковариационных, автокорреляционных и взаимно-корреляционных функций.</p> <p>17. Экспериментальные методы оценки коэффициента корреляции.</p> <p>18. Описание флуктуационных процессов с помощью энергетических частотных спектров.</p> <p>19. Математическая модель <math>\delta</math>-коррелированного шума.</p> <p>20. Анализ частотных спектров флуктуационных процессов с помощью дискретного и быстрого преобразования Фурье.</p> <p>21. Пространственно-временные флуктуационные процессы на межфазовых границах и на поверхности твердых тел.</p> <p>22. Математическое описание и моделирование профилей случайных полей, сочетающих в себе регулярные и нерегулярные составляющие.</p> <p>23. Пространственно-корреляционные функции случайных полей, имеющих регулярную и хаотическую составляющие.</p> <p>24. Оценка характеристик регулярных и хаотических составляющих профилей случайных полей с помощью</p>							
--	--	--	--	--	--	--	--

	одномерного и двумерного преобразования Фурье.							
2	<p><b>Основные виды флуктуаций в физических системах:</b>  Флуктуационные процессы, связанные с импульсными случайными процессами. Дробовой шум в линейных и в нелинейных электрических цепях.  Спектры дробового шума на высоких частотах.  Депрессия дробового шума в электровакуумных приборах.  Депрессия дробового шума в металлах.  Термодинамически равновесные флуктуации в физических системах и их описание в классическом и в квантово-механическом приближениях.  Тепловые флуктуации в линейных и нелинейных электрических цепях с различными механизмами диссипации энергии.  Эквивалентная температура дробового шума термоэлектронных и полевых эмиссионных приборов.  Флуктуации числа носителей в полупроводниковых материалах. Генерационно-рекомбинационный шум.  Флуктуации подвижности носителей заряда в полупроводниковых материалах.  Флуктуационная спектроскопия энергетических характеристик и времен релаксации.  Фликкер-шум. Основные свойства фликкер-шума.  Механизмы возникновения ФШ.  Описание флуктуационных процессов в физических системах с помощью эмпирической формулы Нооге.  Оценка диапазона частот <math>1/f</math> шума в физических системах на основе различных математических моделей флукутаторов.  Оценка нижней граничной частоты и времени деградации в физических системах с <math>1/f'</math> флуктуациями.  Некратное интегрирование флуктуационных процессов в радиотехнических системах.</p>	8	2	9	59.3		По списку заданий	Коллоквиум, рабочие конспекты проработки вопросов.. Защита лабораторной работы, тестирование

	Флуктуационные процессы с двухуровневым и многоуровневым квантованием. АКФ и СПМ флуктуационных процессов с квантованием по уровню.							
	Всего часов:	16	4	18	54	117,3		

## Рейтинг – план дисциплины

«Компьютерное моделирование в радиотехнических и биофизических системах.

## Решение задач по радиофизике»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направления подготовки 03.04.03 Радиофизика

курс 1, семестр 1 2020/2021 г.

Количество всего часов по учебному плану 5/180, ауд. 34 ч

Преподаватели: Доломатов М.Ю., Гоц С.С..

Кафедра: Физической электроники и нанопластики

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1. Математическое описание флуктуационных процессов и случайных полей в физических системах</b>			<b>0</b>	<b>30</b>
<b>Текущий контроль</b>				
1. Получение допуска (выполнение конспекта)	0-1	5	0	5
2. Выполнение и защита лабораторных работ	0-5	2	0	10
3. Тестирование	0-1	10	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
Коллоквиум (опрос)	0-5	1	0	5
<b>Модуль 2. Основные виды флуктуаций в физических системах</b>			<b>0</b>	<b>30</b>
<b>Текущий контроль</b>				
1. Получение допуска (выполнение конспекта)	0-1	5	0	5
2. Выполнение и защита лабораторных работ	0-5	2	0	10
3. Тестирование	0-1	10	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
Коллоквиум (опрос)	0-5	1	0	5
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада	0-5	1	<b>0</b>	<b>5</b>
2. Публикации	0-5	1	<b>0</b>	<b>5</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
Посещение практических (лабораторных занятий)			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
Экзамен (устный опрос)			<b>0</b>	<b>30</b>