

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан радиофизического факультета  
д.ф.-м.н., профессор  
Матросов В.В.  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Введение в физику шумов и флуктуаций**

---

Уровень высшего образования

**Бакалавриат**

---

Направление подготовки / специальность

**02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»**

---

Направленность образовательной программы

**Информационные системы и технологии**

---

Квалификация (степень)

**Бакалавр**

---

Форма обучения

**очная**

---

Нижний Новгород  
2017

### 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Введение в физику шумов и флуктуаций» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Б1.В.ДВ.7.6 основной образовательной программы по направлению 02.03.02 – Фундаментальная информатика и информационные технологии, и читается на 4 курсе (в 7 семестре) бакалавриата.

#### Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление с физическими механизмами шумообразования;
- изучение методов учёта и описания электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах (в основном, твердотельных).

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

Формируемые компетенции (код компетенции, этап формирования)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-3: способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям Этап формирования базовый	З1 (ОПК-3): <i>Знать</i> базовые методы описания и анализа случайных процессов У1 (ОПК-3): <i>Уметь</i> пользоваться базовыми методами описания и анализа случайных процессов В1 (ОПК-3): <i>Владеть</i> базовыми знаниями в области физики электрических шумов и флуктуаций параметров
ПК-3: способность использовать современные инструментальные и вычислительные средства. Этап формирования базовый	З1 (ПК-3): <i>Знать</i> современные научные достижения в области анализа случайных процессов У1 (ПК-3): <i>Уметь</i> самостоятельно решать научные задачи, касающиеся проявления электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах В1 (ПК-3): <i>Владеть</i> методами описания и анализа электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объём дисциплины составляет 2 зачётные единицы, всего 72 часа, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часов занятия лекционного типа, 1 часа контроль самостоятельной работы), 39 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,  форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
Тема 1. Классификация и описание шумов	8	4			4	4
Тема 2. Тепловой шум	8	4			4	4
Тема 3. Дробовой шум	8	4			4	4
Тема 4. Генерационно–рекомбинационный шум	8	4			4	4
Тема 5. Шум лавинообразования	8	4			4	4
Тема 6. Взрывной шум	7	4			4	3
Тема 7. Фликкерный шум	8	4			4	4
Тема 8. Основные модели фликкерного шума	8	4			4	4
Тема 9. Методы эквивалентного представления шумов	8	4			4	4
В т.ч. текущий контроль	1	1			1	
Промежуточная аттестация – зачет						

#### 4. Образовательные технологии

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе следующих форм проведения занятий.

При чтении лекций используется активная форма, заключающаяся в разборе конкретных ситуаций, возникающих при анализе рассматриваемых физических явлений (анализ корректности постановки задачи, выявление физического смысла полученного результата).

Используются следующие интерактивные формы проведения занятий.

- Предоставление студентам адресов необходимых Интернет–ресурсов.
- Обмен со студентами адресами электронной почты для обеспечения оперативного взаимодействия.
- Отправка студентам электронных писем, содержащих необходимые образовательные ресурсы (материалы к лекциям, персональные задания к зачёту).
- Предоставление студентам возможности обсуждения проблем, возникающих при освоении дисциплины, с использованием сети Интернет.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются следующие виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет, и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении зачёта по дан-

ной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Самостоятельная работа осуществляется в следующих формах.

– Во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

– Задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (см. Раздел 6.4) выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

## **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

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

ОПК-3: способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	Не зачтено	Зачтено
<u>Знания</u> Знать базовые методы описания и анализа случайных процессов	Не знает, либо допускает серьезные ошибки при демонстрации знания базовых методов описания и анализа случайных процессов	Грамотно пользуется базовыми методами описания и анализа случайных процессов
<u>Умения</u> Уметь пользоваться базовыми методами описания и анализа случайных процессов	Не умеет пользоваться, либо допускает грубые ошибки при использовании базовыми методами описания и анализа случайных процессов	Умеет пользоваться базовыми методами описания и анализа случайных процессов, либо при решении ряда задач допущены незначительные неточности
<u>Владения</u> Владеть базовыми знаниями в области физики электрических шумов и флуктуаций параметров	Не владеет базовыми знаниями, либо допускает грубые ошибки при демонстрации знаний в области физики электрических шумов и флуктуаций параметров	Владеет свободно, либо допускает незначительные погрешности при демонстрации знаний в области физики электрических шумов и флуктуаций параметров
Шкала оценок по проценту правильных контрольных заданий	0–50 %	50–100%

ПК-3: способность использовать современные инструментальные и вычислительные средства.

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	Не зачтено	Зачтено
<u>Знания</u> Знать современные научные достижения в области анализа случайных процессов	Не знает, либо допускает серьезные ошибки при демонстрации знания современных научных достижений в области анализа случайных процессов	Знает, либо допускает незначительные ошибки при демонстрации знания современных научных достижений в области анализа случайных процессов
<u>Умения</u> Уметь самостоятельно ре-	Не умеет пользоваться, либо допускает грубые ошибки при ре-	Умеет решать научные задачи, касающиеся проявления электриче-

шать научные задачи, касающиеся проявления электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах	шении научных задач, касающихся проявления электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах	ских шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах, либо при решении ряда задач допущены незначительные неточности
<b>Владения</b> <i>Владеть</i> методами описания и анализа электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах	Не владеет, либо допускает грубые ошибки при демонстрации знаний методов описания и анализа электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах	Владеет свободно, либо допускает незначительные погрешности при демонстрации знаний методов описания и анализа электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах
Шкала оценок по проценту правильных контрольных заданий	0–50 %	50–100%

## 6.2. Описание шкал оценивания

Аттестация сформированности компетенций происходит в рамках промежуточного контроля при принятии зачёта в конце семестра.

Оценка	Уровень подготовки
Зачтено	Достаточный объём знаний, хорошее знание основных терминов и понятий курса. Продемонстрированы умение и навыки при решении практических задач.
Не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент не способен решать практические задачи из числа рассмотренных на лекциях даже при наводящих вопросах экзаменатора.

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

Зачёт, как правило, проходит в форме ролевой игры.

Студентам заранее выдаются практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие две задачи. К ПКЗ прилагается формулировка действий (комплекса действий), которые следует выполнить, и описание результата, который нужно получить.

Контроль формирования компетенций осуществляется, как правило, на открытой (в форме семинара с участием всех обучающихся) защите результатов выполнения ПКЗ.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются письменные и устные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются контрольные задания.

Для контроля сформированности компетенции используется устное собеседование.

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

Контрольные задания, используемые при оценке результатов обучения, приведены в Разделе «Контрольные вопросы» учебных пособий [1] и [2] (см. также документ «Фонд оценочных средств» по дисциплине).

## 6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

– Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД.

– Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература

- [1] Якимов, А. В. Физика шумов и флуктуаций параметров. Учебное пособие / А. В. Якимов // Фонд образовательных электронных ресурсов. – Н. Новгород, ННГУ. Регистрационный номер 640.13.04. Дата издания 13.12.2013. 85 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Yakimov\\_Noise.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Yakimov_Noise.pdf) (дата обращения: 05.04.2016).
- [2] Якимов А.В. Введение в физику шумов. Учебное пособие // Фонд образовательных электронных ресурсов. – Нижний Новгород. Нижегородский госуниверситет. Регистрационный номер 1237.16.04. Дата издания 29.06.2016. 107 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Yakimov\\_Noise\\_Introd.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Yakimov_Noise_Introd.pdf) (дата обращения: 29.08.2016).

### б) дополнительная литература

- [3] Стратонович, Р. Л. Избранные вопросы теории флуктуаций в радиотехнике / Р. Л. Стратонович – М.: Сов. радио, 1961. 559 с.(1)
- [4] Малахов, А. Н. Флуктуации в автоколебательных системах / А. Н. Малахов – М.: Наука, 1968. 660 с.(3)
- [5] Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Книга первая / Б. Р. Левин – М.: Сов. радио, 1969. 752 с. (21)
- [6] Ван дер Зил, А. Шум (источники, описание, измерение) / А. Ван дер Зил – М.: Сов. радио, 1973 (перевод с английского). 178 с.(0)
- [7] Жалуд, В. Шумы в полупроводниковых устройствах / В. Жалуд, В. Н. Кулешов – М.: Сов. радио, 1977.
- [8] Беляков, А. В. Взрывной и  $1/f$ -шум в светоизлучающих диодах на квантовых точках / А. В. Беляков, М. Ю. Перов, А. В. Якимов, Л. К. Дж. Фандамме // Изв. ВУЗов. Радиофизика. – 2006. – Т.49. – №5. – С. 437 – 447.
- [9] Johnson, J. B. The Schottky effect in low frequency circuits / J. B. Johnson // Phys. Rev. – 1925. – Vol. 26. – P. 71.
- [10] Schottky, W. Small-shot effect and flicker effect / W. Schottky // Phys. Rev. – 1926. – V. 28. – P. 74.
- [11] Коган, Ш. М. Низкочастотный токовый шум со спектром типа  $1/f$  в твердых телах / Ш. М. Коган // Успехи физических наук. – 1985. – Т.145. – № 2. – С. 285 – 328.
- [12] Du Pre, F. K. A suggestion regarding the spectral density of flicker noise / F. K. Du Pre // Physical Review. – 1950. – Vol. 78. – № 5. – P. 615.
- [13] Van der Ziel, A. On the noise spectra of semi-conductor noise and of flicker effect / A. Van der Ziel // Physica. – 1950. – Vol. 16. – № 4. – P. 359 – 372.
- [14] Халфорд, Д. Общая механическая модель шумов со спектральной плотностью  $|f|^\alpha$  и её применение к частному случаю фликкер-шума вида  $1/f$  / Д. Халфорд // ТИИЭР. – 1968. – Т. 56. – № 3. – С. 9 – 16.
- [15] Hooge, F. N.  $1/f$  noise is no surface effect / F. N. Hooge // Phys. Letters. – 1969. – V. 29A. – P. 139 – 140.
- [16] Hooge, F. N. Experimental studies on  $1/f$  noise / F. N. Hooge, T. G. M. Kleinpenning, L. K. J. Vandamme // Reports on Progress in Physics. – 1981. – V.44. – № 3. – P. 479 – 532.
- [17] Букингем, М. Шумы в электронных приборах и системах / М. Букингем – М.: Мир, 1986.
- [18] Белоусов, А. П. Коэффициент шума / А. П. Белоусов, Ю. А. Каменецкий – М.: Радио и связь, 1981.
- [19] Якимов, А. В. Анализ дробовых шумов и шумов лавинообразования в электронных приборах при больших уровнях сигнала / А. В. Якимов // Радиотехника и электроника. – 1977. – Т.22. – №10. – С. 2186 – 2189.

## в) Интернет-ресурсы

- [20] Якимов, А. В. Физика шумов и флуктуаций параметров. Учебное пособие / А. В. Якимов // Фонд образовательных электронных ресурсов. – Н. Новгород, ННГУ. Регистрационный номер 640.13.04. Дата издания 13.12.2013. 85 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Yakimov\\_Noise.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Yakimov_Noise.pdf) (дата обращения: 05.04.2016).
- [21] Якимов А.В. Введение в физику шумов. Учебное пособие // Фонд образовательных электронных ресурсов. – Нижний Новгород. Нижегородский госуниверситет. Регистрационный номер 1237.16.04. Дата издания 29.06.2016. 107 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Yakimov\\_Noise\\_Introd.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Yakimov_Noise_Introd.pdf) (дата обращения: 29.08.2016).

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Согласно требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (уровень бакалавриата) материально-техническое обеспечение дисциплины «Введение в физику шумов и флуктуаций» осуществляется следующим образом.

- При проведении занятий допускается использование дистанционных образовательных технологий посредством асинхронного взаимодействия участников образовательного процесса через сеть Интернет (пункт 7.1.2 ФГОС ВО).
- Научно-педагогический работник, обеспечивающий данную дисциплину, имеет образование, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины (пункт 7.2.2 ФГОС), учёную степень и учёное звание (пункт 7.2.3 ФГОС ВО).
- Занятия проводятся в специальном помещении, представляющем собой учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, а также занятий семинарского типа (пункт 7.3.1 ФГОС ВО).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению **02.03.02 Фундаментальная Информатика и Информационные технологии** (уровень бакалавриата).

Автор \_\_\_\_\_ Якимов А.В.

Рецензент \_\_\_\_\_ Орлов И.Я.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Мальцев А.А.

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