

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 года, № 6

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
2023

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.5.5 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
ПК-5: Способность использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий. Этап формирования базовый	31 (ПК-5): <i>Знать</i> современные научные достижения в области анализа случайных процессов У1 (ПК-5): <i>Уметь</i> самостоятельно решать научные задачи, касающиеся проявления электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах В1 (ПК-5): <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 компетентностного 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 данной 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

ПК-5: Способность использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий.

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	Не зачтено	Зачтено
<u>Знания</u> Знать современные научные достижения в области анализа случайных процессов	Не знает, либо допускает серьёзные 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 решать научные задачи, касающиеся проявления электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах	Не умеет пользоваться, либо допускает грубые ошибки при решении научных задач, касающихся проявления электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах	Умеет решать научные задачи, касающиеся проявления электрических шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных приборах, либо при решении ряда задач допущены незначительные неточности
<u>Владения</u> Владеть 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 [1] (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 (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 (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] Букингом, М. Шумы в электронных приборах и системах / М. Букингом – 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 (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 (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 ОС ННГУ 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 от 25 мая 2023, протокол № 04/23.