

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
президиумом
Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Физика шумов и флуктуаций

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки
03.04.03 Радиофизика

Направленность образовательной программы
Магистерская программа «Нелинейные колебания и волны»

Квалификация (степень)
Магистр

Форма обучения
очная

Нижегород
2023

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика шумов и флуктуаций» относится к дисциплинам по выбору вариативной части (Б1.В.ДВ.02) основной образовательной программы по направлению 03.04.03 – Радиофизика, магистерская программа «Нелинейные колебания и волны», и читается на 1 курсе (во 2 семестре) магистратуры.

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, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-3: Способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач (частичное освоение)	31 (ОПК-3): <i>Знать</i> радиофизические методы анализа случайных процессов У1 (ОПК-3): <i>Уметь</i> пользоваться математическим аппаратом описания и анализа случайных процессов В1 (ОПК-3): <i>Владеть</i> базовыми знаниями в области физики шумов и флуктуаций параметров
ПК-2: Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта (частичное освоение)	31 (ПК-2): <i>Знать</i> современные достижения в области анализа случайных процессов У1 (ПК-2): <i>Уметь</i> самостоятельно решать научные задачи, касающиеся проявления шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных устройствах В1 (ПК-2): <i>Владеть</i> методами описания и анализа шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных устройствах

3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

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

Содержание дисциплины (модуля)

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы			Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа		

	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	6	2			2	4
Тема 5. Шум лавинообразования	10	4			4	6
Тема 6. Взрывной шум	4	2			2	2
Тема 7. Фликкерный шум	8	4			4	4
Тема 8. Основные модели фликкерного шума	11	4			4	7
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.

ОПК-3: Способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач

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

ПК-2: Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	Не зачтено	Зачтено
Знания <i>Знать</i> современные достижения в области анализа случайных процессов	Не знает, либо допускает серьезные ошибки при демонстрации знания современных достижений в области анализа случайных процессов	Грамотно пользуется современными достижениями в области анализа случайных процессов
Умения <i>Уметь</i> самостоятельно решать научные задачи, касающиеся проявления шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных устройствах	Не умеет пользоваться, либо допускает грубые ошибки при решении научных задач, касающиеся проявления шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных устройствах	Умеет решать научные задачи, касающиеся проявления шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных устройствах, либо при решении ряда задач допущены незначительные неточности
Владения <i>Владеть</i> методами описания и анализа шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных устройствах	Не владеет базовыми знаниями, либо допускает грубые ошибки при демонстрации знаний методов описания и анализа шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных устройствах	Владеет свободно, либо допускает незначительные погрешности при демонстрации знаний методов описания и анализа шумов и флуктуаций параметров в радиоэлектронных устройствах
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, 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 (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.
- [4] Малахов, А. Н. Флуктуации в автоколебательных системах / А. Н. Малахов – М.: Наука, 1968. 660 с.
- [5] Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Книга первая / Б. Р. Левин – М.: Сов. радио, 1969. 752 с.
- [6] Ван дер Зил, А. Шум (источники, описание, измерение) / А. Ван дер Зил – М.: Сов. радио, 1973 (перевод с английского). 178 с.
- [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 03.04.03 Радиофизика (уровень магистратуры) материально-техническое обеспечение дисциплины «Физика 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 ВО по направлению подготовки 03.04.03 «Радиофизика» (уровень магистратуры), утверждённого приказом Минобрнауки России от 30 октября 2014 г. № 1417, зарегистрированного в Минюсте России 28.11.2014 № 34982, с учётом рекомендаций ОПОП ВО.

Автор _____ Якимов А.В.

Рецензент _____ Орлов И.Я.

Заведующий кафедрой _____ Мальцев А.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от 14.11.22, протокол № 08/22.