

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**

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан / директор \_\_\_\_\_

Матросов В.В.

«        »

2020 \_\_\_\_ г.  
г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Приложения нелинейной динамики к задачам передачи, обработки  
и хранения информации**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**Бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Профиль

**Информационные системы и технологии**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**бакалавр**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

**Очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Приложения нелинейной динамики к задачам передачи, обработки и хранения информации» относится к обязательным дисциплинам вариативной части (блок Б1.В.ДВ5) основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) высшего образования по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (уровень бакалавриата) на радиофизическом факультете ННГУ. Дисциплина изучается в 6-м, 7-м и 8-м семестрах.

### Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов представлений о применении некоторых фундаментальных явлений, изучаемых методами теории колебаний, в устройствах передачи информации;
- умение использовать методы теории колебаний для решения современных задач проектирования систем передачи информации;
- формирование у студентов представлений о применении методов теории колебаний для исследования нейроноподобных генераторов;
- формирование умения использовать аналитические и численные методы для исследования динамики нейроноподобных генераторов, проводя компьютерные симуляции с применением современного языка программирования Python с популярными библиотеками NumPy, Matplotlib.

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

Формируемые компетенции (Код компетенции, этап формирования)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-5 способность использовать современные инструментальные и вычислительные средства  Этап формирования базовый	31 (ПК-5) Знание программных средств, позволяющих эффективно осуществлять исследование нелинейной динамики математических моделей на основе обыкновенных дифференциальных уравнений У1 (ПК-5) Умение пользоваться современными программными средствами численного моделирования Н1 (ПК-5) Навык использования вычислительных средств для анализа нелинейной динамики в ходе выполнения лабораторных работ

## 3. Структура и содержание дисциплины «Приложения нелинейной динамики к задачам передачи, обработки и хранения информации»

Объем дисциплины составляет 7 зачетных единиц, всего 252 часа, из которых 92 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (лабораторные занятия) и 3 часа мероприятия текущего контроля успеваемости, 157 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

## Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	В том числе														
	Всего (часы)			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них									Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				Функционального Занятия			Семинарского Занятия			Лабораторного Занятия					
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное
Лабораторная работа «Динамика спинового генератора»	124								46					78	
Лабораторная работа «Динамика спайкового нейрона»	125								46					79	
В т.ч.текущий контроль	3								3						
Промежуточная аттестация: 6,7 семестры — зачёт, 8 семестр – зачет с оценкой															

Текущий контроль успеваемости проходит в форме допусков к лабораторным работам. Итоговый контроль проходит в виде зачета и включает заслушивание отчетов по лабораторным работам и проверку вопросов для самостоятельного изучения.

### 4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме семинарских занятий.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях семинарского типа:

- доклады студентов по тематике занятия с последующим обсуждением.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы для лабораторной работы «Динамика спинового генератора» – учебно-методические пособия [1], специальное программное обеспечение, основная [1] и дополнительная [2-12] литература.

Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы по теме лабораторной работы «Динамика спинового генератора»:

• Физические процессы в спиновом вентиле при пропускании через него электрического тока.
• Эффект гигантского магнетосопротивления.
• Использование эффекта гигантского магнетосопротивления в системах хранения информации на магнитных носителях.
• Макроспиновая модель спинового генератора. Уравнения модели для динамики вектора намагниченности.
• Модель спинового генератора динамики комплексной амплитуды.
• Спиновый генератор как автоколебательная система.
• Характеристики колебаний спинового генератора, возможность прикладного использования в системах передачи и обработки информации.
• Динамика спинового генератора, описание бифуркаций.
• Различные способы внешней синхронизации спинового генератора.
• Эффект взаимной синхронизации спиновых генераторов.
• Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы для лабораторной работы «Динамика спайкового нейрона» – учебно-методические пособия по курсу [2-3], специальное программное обеспечение, основная [2-3] и дополнительная [1,12-14] литература, интернет-ресурсы [1-8].
• Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы по теме лабораторной работы «Динамика спайкового нейрона»:
• Обыкновенные дифференциальные уравнения. Задача Коши.
• Метод Эйлера.
• Метод Рунге-Кутты.
• Типы данных в языке Python.
• Операции со списками и словарями в языке Python.
• Операции с многомерными массивами в языке Python.
• Описание нейронов с точки зрения теории динамических систем.
• Физические процессы, лежащие в основе изменения мембранного потенциала нейрона.
• Модель порогового интегратора.
• Модель Фитцхью-Нагумо.
• Модель Ижикевича.
• Модели синаптической пластичности.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,

**включающий:**

Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, навыков), характеризующих этапы их

формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, приведены в приложении 1.

## **6.1. Описание шкал оценивания**

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<b>Полнота знаний</b>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<b>Наличие умений</b>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельным и несущественным недочетом, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<b>Наличие навыков (владение опытом)</b>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
<b>Мотивация (личностное отношение)</b>	Полное отсутствие учебной активности и мотивации	Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствуют	Учебная активность и мотивация низкие, слабо выражены, стремление решать задачи качественно отсутствует	Учебная активность и мотивация проявляются на среднем уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества	Учебная активность и мотивация проявляются на уровне выше среднего, демонстрируется готовность выполнять большинство поставленных задач на высоком уровне качества	Учебная активность и мотивация проявляются на высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять все поставленные задачи на высоком уровне качества	Учебная активность и мотивация проявляются на очень высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять нестандартные дополнительные задачи на высоком уровне качества
<b>Характеристика сформированности</b>	Компетенция не сформирована. отсутствуют	Компетенция в полной мере не	Сформированность компетенции	Сформированность компетенции в целом	Сформированность компетенции в целом	Сформированность компетенции	Сформированность компетенции и превышает

<b>ванности компетенции</b>	знания, умения, навыки, необходимые для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение	сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение	соответствует минимальным требованиям м. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач.	соответствует требованиям м, но есть недочеты. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по некоторым профессиональным задачам.	соответствует требованиям м. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач.	полностью соответствует требованиям м. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.	стандартные требования. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для применения творческого подхода к решению сложных практических (профессиональных) задач.
<b>Уровень сформированности компетенций</b>	Нулевой	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий

## 6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Предусмотрена процедура аттестации обучающихся в форме зачета с оценкой. Зачет включает защиту отчетов по лабораторным работам и устный опрос по контрольным вопросам. Отводимое на подготовку ответов время – около 1 академического часа. Итоговый контроль сформированности компетенций в виде знаний обеспечивается ответами на контрольные вопросы, в виде умений и навыков – защитой отчетов о лабораторных работах.

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

Вопросы для оценки формирования компетенции ПК-5:

1. Вопросы для контроля из учебно-методического пособия «Динамика спинового генератора» [1].
2. Физические процессы в спиновом вентиле при пропускании через него электрического тока.
3. Эффект гигантского магнетосопротивления.
4. Использование эффекта гигантского магнетосопротивления в системах хранения информации на магнитных носителях.
5. Макроспиновая модель спинового генератора. Уравнения модели для динамики вектора намагниченности.
6. Модель спинового генератора динамики комплексной амплитуды.
7. Спиновый генератор как автоколебательная система.



8. Характеристики колебаний спинового генератора, возможность прикладного использования в системах передачи и обработки информации.
9. Динамика спинового генератора, описание бифуркаций.
10. Различные способы внешней синхронизации спинового генератора.
11. Эффект взаимной синхронизации спиновых генераторов.

Типовые контрольные задания для оценки формирования компетенции ПК-5:

1. Получить зависимость частоты генерации спайков от приложенного тока для модели порогового интегратора: а) численно, б) аналитически. Сравнить результаты. Нарисовать 5 реализаций мембранного потенциала.
2. Численно получить зависимость частоты генерации спайков от приложенного тока для модели квадратичного интегратора при значении параметра. Сделать 2 прохода по циклу изменения параметра приложенного тока: от -1 до 1 и назад от +1 до -1, передавая последние значения вектора переменных в начальные условия следующей итерации.
  - а. Значение параметра потенциала сброса -0.5.
  - б. Значение параметра потенциала сброса +0.5.
3. Для модели двух синаптически связанных нейронов Фитцхью-Нагумо, первый из которых находится в колебательном режиме, а второй в возбудимом, построить
  - а. 3 реализации мембранных потенциалов для различных значений синаптической проводимости,  $g_{syn}$ : от 0 до значения  $g_{syn} = g_{rh}$ , при котором второй нейрон отвечает спайком на каждый спайк первого нейрона.  $g_{rh}$  определить самостоятельно.
  - б. 3 реализации для  $g_{syn} > g_{rh}$  с таким же шагом изменения проводимости как и в случае а).  $g_{rh}$  определить самостоятельно.

#### 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Болховская О.В. и др. Методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенций // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. 26 с.
2. Приказ Минобрнауки от 12.03.2015 №224.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (

#### а) основная литература:

1. Мишагин К.Г., Половинкин А.В., Алешин К.Н. Динамика спинового генератора // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. 18 с.
2. Прокин И.С., Симонов А.Ю., Казанцев В.Б. Математическое моделирование нейродинамических систем. Электронное методическое пособие // Нижний Новгород, 2012. 42 с.
3. Баркалов К.А. Образовательный комплекс «Параллельные численные методы». Лекционные материалы // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. 23 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Симонов А.Ю. Введение в динамику сигнальных процессов в нейронных сетях мозга (Блок лекций по аспектам высокопроизводительных вычислений// ННГУ. 2014 Электронное методическое пособие

2. Slonczewski J. Current-driven excitation of magnetic multilayers // J. Magn. Magn. Mater. 1996. V. 159. P. L1.
3. Berger L. Emission of spin waves by a magnetic multilayer traversed by a current // Phys. Rev. B. 1996. V. 54. P. 9353.
4. Katine J.A., et al Current-Driven Magnetization Reversal and Spin-Wave Excitations in Co/Cu/Co Pillars // Phys. Rev. Lett. 2000. V. 84. P. 3149.
5. Kiselev S.I., et al Microwave oscillations of a nanomagnet driven by a spin-polarized current // Nature (London). 2003. V. 425. P. 380.
6. Tsoi M., et al Excitation of a Magnetic Multilayer by an Electric Current // Phys. Rev. Lett. 1998. V. 80. P. 4281.
7. Hoefer M.A., et al Theory of Magnetodynamics Induced by Spin Torque in Perpendicularly Magnetized Thin Films // Phys. Rev. Lett. 2005. V. 95. P. 267206.
8. Корнеев В.И., Попков А.Ф., Чиненков М.Ю. Стационарные состояния намагниченности тонкого магнитного слоя наностолбчатой многослойной структуры при действии спин-поляризованного тока и магнитного поля // Физика твердого тела. 2009. Т. 51. В. 1. С. 118.
9. Мишагин К.Г., Алешин К.Н. Динамика спинового наногенератора при изменении направления внешнего магнитного поля // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Раздел «Радиофизика». 2011. Т. 5. N. 3. С. 263-267.
10. Tabor P. et al Hysteretic synchronization of nonlinear spin-torque oscillators // Phys. Rev. B. 2010. V. 82. P. 020407(R).
11. Kim J.-V. Generation Linewidth of an Auto-Oscillator with a Nonlinear Frequency Shift: Spin-Torque Nano-Oscillator // Phys. Rev. Lett. 2008. V. 100. P. 017207.
12. Матросов В.В. Динамика нелинейных систем. Программный комплекс для исследования нелинейных динамических систем с непрерывным временем. Н. Новгород. ННГУ. 2002.
13. Мотова М.И. Исследование динамики систем с разрывными колебаниями// ННГУ. 2010
14. Некоркин В.И. Лекции по основам теории колебаний// ННГУ. 2012

#### **в) Интернет-ресурсы:**

1. Интерактивный курс изучения основ программирования на языке Python на русском языке <http://pythontutor.ru/>
2. Интерактивный курс изучения основ программирования на языке Python на английском языке  
<https://www.datacamp.com/courses/intro-to-python-for-data-science>
3. Портал “Python для начинающих” <https://pythonworld.ru/>
4. [https://ru.wikibooks.org/wiki/Python/Учебник\\_Python\\_2.6](https://ru.wikibooks.org/wiki/Python/Учебник_Python_2.6)
5. [https://ru.wikibooks.org/wiki/Python/Учебник\\_Python\\_3.1](https://ru.wikibooks.org/wiki/Python/Учебник_Python_3.1)
6. <http://www.russianlutheran.org/python/hinsen/hinsen.htm>
7. <https://dou.ua/lenta/articles/python-for-science/>
8. [https://ru.wikiversity.org/wiki/Программирование\\_и\\_научные\\_вычисления\\_на\\_языке\\_Python](https://ru.wikiversity.org/wiki/Программирование_и_научные_вычисления_на_языке_Python)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Компьютерная аудитория.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Авторы \_\_\_\_\_ Мишагин К.Г.

\_\_\_\_\_ Симонов А.Ю.

Рецензент \_\_\_\_\_ Осипов Г.В.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Матросов В.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Радиофизического факультета. Протокол заседания методической комиссии радиофизического факультета от 25 февраля 2021 № 01/21.