

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Информационная нейродинамика. Сосредоточенные системы

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.06 Информационная нейродинамика. Сосредоточенные системы относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции<br>(код, содержание компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции   |   | Наименование оценочного средства   |   |
|---|---|---|------------------------------------|---|
|   | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)  | Результаты обучения по дисциплине   | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации              |
| ПК-13: Способен участвовать в исследовании математических моделей в естественных науках и технике | <p>ПК-13.1: Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике</p> <p>ПК-13.2: Знает математические методы обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований</p> <p>ПК-13.3: Умеет корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятельности</p> <p>ПК-13.4: Владеет навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований</p> | <p>ПК-13.1:</p> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-основные принципы, факты, понятия, аналитические и численные методы, изучаемые в дисциплине:</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Базовые нейронные модели.</li> <li>2. Основные переменные и параметры в динамических системах, моделирующих поведение живых систем.</li> <li>3. Основные режимы функционирования единичного нейрона и нейронной сети.</li> <li>4. Способы передачи информации в нейронных сетях.</li> </ol> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-терминологией предметной области;</li> <li>- принципами построения и выбора эффективных методов решения и интерпретации результатов;</li> <li>- навыками математики</li> </ul> <p>ПК-13.2:</p> <p>Уметь:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Строить простейшие математические модели и исследовать их;</li> <li>2. Качественно строить фазовые портреты систем первого и второго порядков;</li> <li>3. Интерпретировать результаты исследования</li> </ol> | Задачи<br>Контрольная работа       | Экзамен:<br>Задачи<br>Контрольные вопросы |

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  |  | <p>динамических систем для конкретных нейронных моделей</p> <p>4.Находить состояния равновесия автономных систем, определять их тип.</p> <p>-доказывать ранее изученные в рамках дисциплины математические утверждения;</p> <p>- решать математические задачи (линейные дифференциальные уравнения в обыкновенных и частных производных точечные отображения), которые требуют некоторой оригинальности мышления.</p> <p>ПК-13.3:</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять базовые знания естественных наук, математики и информатики, понятие динамической системы, основные понятия и факты динамики систем.</li> <li>- корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей,</li> <li>- умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- математическим мышлением, математической культурой</li> <li>- способностью уточнить, переспросить, задать вопрос на тему предметной области</li> <li>- профессиональным языком теории нелинейной динамики систем</li> </ul> <p>ПК-13.4:</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять базовые знания естественных наук, математики и информатики для обработки экспериментальной</li> </ul> |  |  |
|--|--|---|--|--|

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  |  | информации<br>Владеть:<br>- математическими пакетами<br>для анализа и обработки<br>экспериментальной<br>информации. |  |  |
|--|--|---|--|--|

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  |                             |
|--|-----------------------------|
|  | <b>очная</b>                |
| <b>Общая трудоемкость, з.е.</b>  | <b>3</b>                    |
| <b>Часов по учебному плану</b>   | <b>108</b>                  |
| в том числе  |                             |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>                           |                             |
| - занятия лекционного типа   | <b>16</b>                   |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | <b>32</b>                   |
| - КСР  | <b>2</b>                    |
| <b>самостоятельная работа</b>  | <b>22</b>                   |
| <b>Промежуточная аттестация</b>  | <b>36</b><br><b>Экзамен</b> |

#### 3.2. Содержание дисциплины

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

| Наименование разделов и тем дисциплины                                    | Всего<br>(часы) | в том числе  |  |             |   |
|---|-----------------|--|--|-------------|---|
|   |                 | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |  |             | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|   |                 | Занятия лекционного типа   | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего       |   |
|   | о<br>ф<br>о     | о<br>ф<br>о  | о<br>ф<br>о  | о<br>ф<br>о | о<br>ф<br>о                               |
| Раздел 1. Введение в курс. Основные понятия информационной нейродинамики. | 31              | 4  | 16   | 20          | 11  |
| Раздел 2. Нелинейная динамика сосредоточенных моделей систем              | 39              | 12   | 16   | 28          | 11  |
| Аттестация  | 36              |  |  |             |   |
| КСР   | 2               |  |  | 2           |   |
| Итого   | 108             | 16   | 32   | 50          | 22  |

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Введение в курс. Основные понятия информационной нейродинамики.

Понятие динамической системы, основные понятия, связанные с исследованием динамики нелинейных систем. Проблема передачи и обработки информации в нервной системе и в мозге.

Раздел 2. Нелинейная динамика сосредоточенных моделей систем

Консервативные нелинейные системы. Закон сохранения энергии. Сохранение площадей в фазовом пространстве. Зависимость поведения простейшей консервативной системы от параметра. Примеры. Общие свойства консервативных систем. Неконсервативные системы. Фазовый портрет. Сжатие площадей в фазовом пространстве. Автоколебательные системы. Уравнение Ван-дер-Поля. Фазовый портрет. Зависимость формы автоколебаний от параметров. Свойства простейших автоколебательных систем. Параметрический осциллятор. Уравнения движения. Эффект затухания. Релаксационные колебания. Быстрые и медленные движения. Основные свойства нелинейных колебательных систем. Многорежимность. Суб-и супергармонические колебания. Хаотические колебания. Гетреоклинические циклы и контуры. Синхронизация.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

[В форме электронного документа доступна на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/plasma.htm> — свободный доступ]

Кравцов Ю.А., Орлов Ю.И. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М.: Наука, 1980.

[В форме электронного документа доступна на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/optics.htm> — свободный доступ]

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-13:**

Задание 1.

1. Нейрон Ходжкина-Хаксли. Уравнения, параметры, переменные, режимы.
2. Нейронные спайки.

**Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

| Оценка  | Критерии оценивания     |
|---------|-------------------------|
| зачтено | Задача решена полностью |

| Оценка     | Критерии оценивания |
|------------|---------------------|
| не зачтено | Задача не решена.   |

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

Задание 1. Определить неподвижные точки в отображении окружности.

Задание 2. Определить неподвижные точки в отображении Рулькова.

Задание 3. Определить неподвижные точки в отображении Эно.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

| Оценка     | Критерии оценивания                         |
|------------|---|
| зачтено    | Все задания выполнены верно и сданы в срок. |
| не зачтено | Задания не выполнены или сданы не в срок.   |

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | плохо   | неудовлетворительно   | удовлетворительно  | хорошо  | очень хорошо  | отлично  | превосходно  |
|--|---|---|--|---|---|--|--|
|  | не зачтено  |   | зачтено  |   |   |  |  |
| <u>Знания</u>  | 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. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u>  | Отсутствие минимальных умений.  | При решении стандартных задач не                                      | Продемонстрированы основные  | Продемонстрированы все  | Продемонстрированы все  | Продемонстрированы все   | Продемонстрированы все основные                            |

|               |  |   |  |  |   |  |  |
|---------------|--|---|--|--|---|--|--|
|               | Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа                              | продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки                                 | умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. 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 некоторыми недочетами          | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами  | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов                        | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов   | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач                        |

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка     |                     | Уровень подготовки   |
|------------|---------------------|--|
| зачтено    | превосходно         | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
|            | отлично             | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».  |
|            | очень хорошо        | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»  |
|            | хорошо              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».   |
|            | удовлетворительно   | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»                                     |
| не зачтено | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».   |
|            | плохо               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»  |

**5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-13

1. Динамические системы. Основные понятия. Классификация динамических систем.
2. Динамические системы 1-го порядка. Зависимость характера движений от параметра.
3. Простейшая нейронная модель: осциллятор накопление-сброс.
4. Нейрон Ижикевича.
5. Динамические системы второго порядка. Понятие состояния равновесия. Типы состояний равновесия. Линеаризованные системы. Приведение системы к каноническому виду. Грубые системы.
6. Гармонический осциллятор. Представление совокупности движений гармонического осциллятора на фазовой плоскости.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка              | Критерии оценивания   |
|---------------------|---|
| превосходно         | Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок, при этом применен творческий подход к решению нестандартных задач. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю. |
| отлично             | Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю.  |
| очень хорошо        | Выполнены основные этапы решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.  |
| хорошо              | Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.  |
| удовлетворительно   | Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с существенными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю, но с отклонениями от сроков   |
| неудовлетворительно | Выполнены не все практические задания (лабораторные работы) или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).            |
| плохо               | Студент не приступал к выполнению практических заданий.   |

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-13

1. Динамические системы. Основные понятия. Классификация динамических систем.



2. Динамические системы 1-го порядка. Зависимость характера движений от параметра.
3. Простейшая нейронная модель: осциллятор накопление-сброс.
4. Нейрон Ижикевича.
5. Динамические системы второго порядка. Понятие состояния равновесия. Типы состояний равновесия. Линеаризованные системы. Приведение системы к каноническому виду. Грубые системы.
6. Гармонический осциллятор. Представление совокупности движений гармонического осциллятора на фазовой плоскости.
7. Линейный осциллятор при наличии трения. Изображение на фазовой плоскости. Состояния равновесия.
8. Осциллятор с малой массой.
9. Консервативный нелинейный осциллятор. Исследование фазовой плоскости вблизи состояния равновесия. Диссипативный нелинейный осциллятор.
10. Осциллятор Дюффинга.
11. Замкнутые фазовые траектории. Предельные циклы.
12. Осциллятор Ван дер Поля.
13. Система ФитцХью-Нагумо.
14. Критерии отсутствия замкнутых фазовых траекторий.
15. Поведение траекторий на бесконечности.
16. Классификация грубых состояний равновесия трехмерных систем.
17. Классификация грубых состояний равновесия  $n$ -мерных систем. Правило Рауса.
18. Грубые периодические движения. Основные определения и понятия. Отображение Пуанкаре. Матрица монодромии. Мультипликаторы периодических движений.
19. Отображение Рутькова.
20. Классификация грубых периодических движений.
21. Отображение плоскости в плоскость. Численные методы отыскания неподвижных точек.
22. Неподвижная точка седлового типа. Устойчивые и неустойчивые многообразия седла.
23. Основные бифуркации периодических движений.
24. Метод разрывных колебаний. Быстрые и медленные движения.
25. Система Боннхофера-Ван дер Поля.
26. Метод Ван дер Поля.



| Оценка              | Критерии оценивания  |
|---------------------|--|
|                     | преподавателю в срок.  |
| хорошо              | Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.   |
| удовлетворительно   | Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с существенными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю, но с отклонениями от сроков  |
| неудовлетворительно | Выполнены не все практические задания (лабораторные работы) или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю). |
| плохо               | Студент не приступал к выполнению практических заданий   |

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Некоркин Владимир Исаакович. Лекции по основам теории колебаний : учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. - ISBN 978-5-91326-230-1 : 162.13., 148 экз.

Дополнительная литература:

1. Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн : учеб. пособие для физ. специальностей вузов. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. - 432 с. : ил. - 1.30., 161 экз.
2. Андронов Александр Александрович. Теория колебаний / с предисл. Л. И. Мандельштама. - 2-е изд. - М. : Наука, 1981. - 568 с. : ил. - 2.60., 274 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. При выполнении компьютерного практикума используются лицензионные экземпляры математического пакета MatLab, установленные в лаб.220 кафедры ТУиДС (2корп. ННГУ обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):
2. Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. Учебные курсы. URL: <https://online.edu.ru/public/courses?faces-redirect=true>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): д.т.н., проф. Ломакина Л.С..

Заведующий кафедрой: Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.