

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 № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Вынужденная и взаимная синхронизация автоколебаний

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы  
Информационные системы и технологии

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.03 Вынужденная и взаимная синхронизация автоколебаний 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 (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Способен к применению общенаучных базовых знаний математических и естественных наук, фундаментальной информатики и информационных технологий; применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии	ПК-2.1: Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, имеет научные знания в теории информационных систем ПК-2.2: Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности. ПК-2.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий	ПК-2.1: Знать основные математические концепции теории колебаний, применяемые в теории синхронизации (определения, математические методы, теоремы).  ПК-2.2: Уметь применять современный математический аппарат теории колебаний для исследования явлений синхронизации, а так же фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий.  ПК-2.3: Владеть аппаратом теории синхронизации возбудимых сред.	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>0</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</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 (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	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
Раздел 1. Введение Обзор основ теории возбудимых сред и приложений в кардиологии.	8	4		4	4
Раздел 2. Модели возбудимых сосредоточенных систем. Модель Фитц-Хью – Нагумо. Модель Луо-Руди. Ионные токи. Потенциал действия. Режим рефрактерности. Перевод возбудимой системы в автоколебательный режим. Управление частотой автоколебаний.	12	6		6	6
Раздел 3. Модели возбудимых сред. Уравнение баланса электрического заряда на клеточной мембране. Бидоменная модель возбудимой среды. Переход к монодомной модели. Решёточные модели.	12	6		6	6
Раздел 4. Динамика неавтоколебательных сред. Стационарные волны. Волновые фронты. Спиральные волны. Взаимодействие волновых фронтов и спиральных волн. Подавление спиральных волн. Спиральный хаос.	12	6		6	6
Раздел 5. Динамика автоколебательных сред. Пейсмейкеры. Глобальная и кластерная синхронизация в одномерном и двумерном случаях. Динамика смешанных сред, состоящих из автоколебательных и возбудимых элементов.	10	4		4	6
Раздел 6. Приложения в кардиологии. Сердечные аритмии и спиральные волны в сердечной мышце. Фибрилляция и спиральный хаос.	10	4		4	6
Раздел 7. Методы подавления аритмии и фибрилляции.	7	2		2	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	

Итого	72	32	0	33	39
-------	----	----	---	----	----

## Содержание разделов и тем дисциплины

-

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

### **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.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к заданиям и контрольным вопросам для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, приведённым в пункте 5

### **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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

1. Основные математические модели возбудимых элементов, включая как

упрощенные (парадигматические), так и реалистичные (на примере клеток сердечной мышцы);

2. Принципы построения бидоменных и монодоменных моделей сред, содержащих возбудимую клеточную мембрану (на примере сердечной мышечной ткани);

3. Механизмы установления режимов глобальной и кластерной синхронизации в возбудимых средах;

4. Пространственно-временные картины динамики в режимах глобальной и

кластерной синхронизации и в процессе установления синхронных режимов.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос и выполнить задания, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос и выполнить задания, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

### 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. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

						полном объеме	
<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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1 Модель Фитцхью-Нагумо. Построение фазового портрета. Возбудимая динамика.

2 Модель Луо-Руди. Ионные токи. Основные режимы динамики.

3 Уравнение баланса электрического заряда на клеточной мембране. Бидоменная

модель возбудимой среды.

4 Переход от бидоменной модели к монодоменной. Решёточные модели.

5 Стационарные волны в распределенной модели с одномерным пространством.

Описание с помощью сосредоточенной модели в бегущих координатах.

6 Пространственно-временная динамика возбудимых сред в двумерном пространстве: Волновые фронты. Спиральные волны. Взаимодействие

7

волновых фронтов и спиральных волн. Подавление спиральных волн.

Спиральный хаос.

7 Динамика автоколебательных сред.

8 Динамика автоколебательных сред в одномерном пространстве. Глобальная и кластерная синхронизация. Динамика смешанных сред, состоящих из автоколебательных и возбудимых элементов.

9 Динамика автоколебательных сред в двумерном пространстве. Глобальная и кластерная синхронизация. Динамика смешанных сред, состоящих из автоколебательных и возбудимых элементов.

10 Основные виды сердечных аритмий.

11 Фибрилляция и спиральный хаос. Методы подавления аритмии и фибрилляции.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо».

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

## Основная литература:

1. Шалфеев Владимир Дмитриевич. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации : монография / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 366 с. - ISBN 978-5-91326-201-1 : 691.79., 2 экз.

## Дополнительная литература:

1. Устойчивость, структуры и хаос в нелинейных сетях синхронизации / под общ. ред. А. В. Гапонова-Грехова, М. И. Рабиновича ; АН СССР, Ин-т приклад. физики. - Горький, 1989. - 253 с. - 1.70., 4 экз.

2. Пиковский А. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление / пер. с англ. А. С. Пиковского, М. Г. Розенблюма. - М. : Техносфера, 2003. - 496 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 5-94836-020-2 : 270.00., 23 экз.

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

Лекция Стивена Строгатца «Наука о синхронизации» (Steven Strogatz, “The science of sync”) – видеоматериал (английский язык), стенограмма и субтитры (19 языков, включая русский)

[http://www.ted.com/talks/steven\\_strogatz\\_on\\_sync/transcript?language=ru](http://www.ted.com/talks/steven_strogatz_on_sync/transcript?language=ru)

8. Опыт «Синхронизация метрономов» (видеоматериал)

<http://www.youtube.com/watch?v=W1TMZASCR-I>

<http://www.youtube.com/watch?v=JWTToUATLGzs>

9. Опыт «Синфазная и противофазная синхронизация автоколебаний пламени» (видеоматериал).

<http://www.youtube.com/watch?v=ndNBSgUd-vU>

<http://www.youtube.com/watch?v=ld9KHCQ22-4>

10. Статья «Синхронизация вспышек светлячков» (на английском языке) и видеоматериал

<http://phys.org/news197815725.html>

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

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

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 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Канаков Олег Игоревич, доктор физико-математических наук.

Рецензент(ы): Иванченко Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.11.2024, протокол № 06/24.