

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Теоретические основы кибернетики

---

Уровень высшего образования

Специалитет

---

Направление подготовки / специальность

30.05.03 - Медицинская кибернетика

---

Направленность образовательной программы

Медицинская кибернетика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 Теоретические основы кибернетики 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-14: Способность анализировать научную, клиническую, нормативно-правовую и справочную информацию, учебную литературу и другие источники для определения перспективных направлений научных исследований и построения информационных моделей; оформлять отчетные материалы по результатам исследований, научно-исследовательской работы и опытно-конструкторских разработок	ПК-14.1: Анализирует научную, клиническую, нормативно-правовую и справочную информации, учебную литературу и другие источники для определения перспективных направлений научных исследований и построения информационных моделей; знает правила оформления отчетных материалов ПК-14.2: Формирует собственную точку зрения на основе анализа научной, клинической, нормативно-правовой и справочной информации, учебной литературы и других источников при определении перспективных направлений научных исследований и построения информационных моделей; умеет оформлять отчетные материалы по результатам исследований ПК-14.3: Демонстрирует интегративные умения использовать научную, клиническую, нормативно-правовую и справочную информации, учебную литературу и другие источники для определения перспективных направлений научных исследований и	ПК-14.1: Знает возможности применения математических методов и базовый понятийный аппарат нейрокибернетики для моделирования различных кибернетических систем и прогнозирования их поведения  ПК-14.2: Умеет формулировать математическое описание процессов, происходящих в кибернетических системах и обоснованно делать выбор в пользу конкретного мат. метода.  ПК-14.3: Владеет навыками для моделирования сложных кибернетических систем с использованием современных методов, адаптированных к решению конкретной кибернетической задачи	Практическое задание Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

	построения информационных моделей; имеет опыт подготовки отчетных материалов по результатам исследований			
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<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	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>43</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/ лабора торные работы), часы	Всего	
	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф
Тема 1: Предмет и содержание лекционного курса.	23	2	6	8	15
Тема 2: Управляемые динамические системы.	22	5	7	12	10
Тема 3: Линейные системы автоматического регулирования. Операционные системы и операционные исчисления	21	5	6	11	10
Тема 4: Нелинейные системы автоматического регулирования и методы их исследования.	16	5	6	11	5
Тема 5: Динамические модели живых систем.	25	15	7	22	3
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

## **Содержание разделов и тем дисциплины**

Практические занятия 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 в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 6 ч.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

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 - 6 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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Электронно-библиотечная система «Консультант студента»."  
(<https://www.studentlibrary.ru/>).

Иные учебно-методические материалы: Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

### **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 - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-14:**

1. Провести качественный анализ ДС на прямой: найти все с.р., определить их устойчивость, построить фазовый портрет, зависимость  $x(t)$ , бифуркационную диаграмму:

$$1) \quad \dot{x} = \mu x/3 + x^2$$

$$2) \quad \dot{x} = \mu x + x^3/9$$

$$3) \quad \dot{x} = x - \mu x(1-x)$$

$$4) \quad \dot{x} = x(\mu - e^x)$$

$$5) \quad \dot{x} = x + \mu x/(1+x^2)$$

$$6) \quad \dot{x} = \gamma + \cos 2\varphi$$

$$7) \quad \varphi' = \gamma \cos \varphi - \sin 2\varphi$$

$$8) \quad \varphi' = 4\sin \varphi / (\gamma - 4\sin \varphi)$$

2. Провести качественный анализ ДС на плоскости: найти все с.р., классифицировать их, построить фазовые портреты в окрестности с.р.:

$$1)$$

$$2)$$

$$3)$$

$$4)$$

$$5) \quad \ddot{x} + \dot{x} + x - \alpha x^2 = 0 \quad (+ \text{построить бифуркационную диаграмму})$$

3. Построить фазовый портрет нелинейной ДС с помощью метода интегральных кривых:

$$1) \quad \ddot{x} + x(x^2 - 1) = 0$$

$$2) \quad \ddot{x} + x(x-a)(1-x) = 0, \quad a > 0$$

$$3) \quad \varphi'' + \cos \varphi = 0$$

$$4) \quad \ddot{x} + x - x^4 = 0$$

$$5) \quad \varphi'' + \cos \varphi = \gamma, \quad \gamma > 0$$

4. Провести анализ ДС 3-гоили более высокого порядка с помощью критерия Рауса-Гурвица, найти и классифицировать с.р.:

1)

2)  $x''' + 6x'' + 3x' + 2x = 0$

3)  $x'''' + x''' + \alpha x'' + \beta x' + x = 0$  – найти условие устойчивости в зависимости от параметров  $\alpha$  и  $\beta$

4)  $x'''' + 2x''' + 4x'' + 7x' + 3x = 0$

5. Найти переходную функцию  $h(t)$  по известной  $w(t)$ :

1)  $w(t) = 5t^2 + 3$

2)  $w(t) = t^{3/7} + 4t^2 + 3$

3)

4)

**Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задание выполнено, допускаются незначительные недочеты
не зачтено	Задание не выполнено

**5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-14:**

1. Какому состоянию равновесия соответствуют комплексно сопряженные корни характеристического уравнения с отрицательной действительной частью?

а) седло;

б) устойчивый фокус;

в) неустойчивый фокус;

- г) устойчивый узел;
- д) неустойчивый узел;
- е) другое;
- ж) ничто из перечисленного.

2. Дайте определение предельного цикла:

- а) гомоклиническая траектория;
- б) гетероклиническая траектория;
- в) замкнутая неизолированная траектория;
- г) замкнутая изолированная траектория;
- д) незамкнутая изолированная траектория.

3. В линейных системах при прохождении сигнала изменяются:

- а) только амплитуда и фаза, а частота – не меняется;
- б) только амплитуда, а фаза и частота – не меняется;
- в) и амплитуда, и фаза, и частота;
- г) только частота, а амплитуда и фаза - не меняется;
- д) ничего из перечисленного.

4. Дайте определение процесса обучения искусственной нейронной сети?

- а) интегрирование динамики нейронной сети с помощью компьютерных алгоритмов;
- б) максимизацию функции стоимости и коррекцию ошибок;
- в) автоподстройку весов входов нейронов под параметры замкнутой системы;
- г) внешнюю настройку синаптических весов входов нейронов;
- д) свой вариант.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, допускаются несколько негрубых ошибок.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

## 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	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 несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные 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 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

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------



<b>зачтено</b>	<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»
<b>не зачтено</b>	<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-14

Математическая модель динамической системы, основанная на понятии состояния. Классификация. Геом

Основные задачи динамических систем.

Преобразование Лапласа и Фурье. Связь между ними. Метод операционных исчислений.

Z-преобразование. Связь с преобразованием Лапласа. Метод операционных исчислений.

Функциональная модель динамической системы. Понятие динамического звена. Классификация.

Сравнение модели основанной на понятии состояния и функциональной

Коэффициент передачи, переходные функции и частотные характеристики непрерывного звена

Коэффициент передачи, переходные последовательности и частотные характеристики дискретного звена

Обобщение понятия динамического звена. Матричный коэффициент передачи. Временное и частотное описание

Устойчивость непрерывного динамического звена. Критерий Рауса-Гурвица.

Устойчивость дискретного звена. Критерий Шура-Кона

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

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, допускаются несколько негрубых ошибок.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-14

1. Провести качественный анализ ДС на прямой: найти все с.р., определить их устойчивость, построить фазовый портрет, зависимость  $x(t)$ , бифуркационную диаграмму:

1)  $\dot{x} = \mu x/3 + x^2$

2)  $\dot{x} = \mu x + x^3/9$

3)  $\dot{x} = x - \mu x(1-x)$

4)  $\dot{x} = x(\mu - ex)$

5)  $\dot{x} = x + \mu x/(1+x^2)$

$\dot{x} = \gamma + \cos 2\varphi$

1)  $\varphi' = \gamma \cos \varphi - \sin 2\varphi$

2)  $\varphi' = 4 \sin \varphi / (\gamma - 4 \sin \varphi)$

2. Провести качественный анализ ДС на плоскости: найти все с.р., классифицировать их, построить фазовые портреты в окрестности с.р.:

$$\dot{x} = x - y$$

$$1) \quad \{$$

$$\dot{y} = x^2 + y^2 - 2$$

$$\dot{x} = x - y$$

$$2) \quad \{$$

$$\dot{y} = y^3 + 1$$

$$3) \quad \{ \dot{x} = 2xy^2 - 1$$

$$\dot{y} = y - 25x$$

$$\dot{x} = x - y$$

$$4) \quad \{$$

$$\dot{y} = x^2 - x$$

$$5) \quad \ddot{x} + \dot{x} + x - \alpha x^2 = 0 \quad (+ \text{ построить бифуркационную диаграмму})$$

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

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	студент обладает системными теоретическими знаниями, правильно выполнил задачу, дал полный и развернутый ответ.
не зачтено	студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний, не справился с предложенной задачей, не справился с дополнительным заданием.

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

## Основная литература:

1. Ремизов Александр Николаевич. Медицинская и биологическая физика : учебник. - 4-е изд., испр. и перераб. - М. : Гэотар-Медиа, 2012. - 648 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-1924-3 : 630.00., 8 экз.
2. Мозер Юрген. Заметки о динамических системах = Notes on Dynamical Systems / пер. с англ. Ю. В. Колесниченко ; под ред. А. В. Борисова. - М. ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Ин-т компьютер. исслед., 2011. - 356 с. - (Библиотека журнала "Регулярная и хаотическая динамика"). - ISBN 978-5-4344-0028-2 : 300.00., 1 экз.
3. Мозер Юрген. Устойчивые и хаотические движения в динамических системах = Stable and Random Motions in Dynamical Systems / пер. с англ. Т. Г. Возмищевой, под науч. ред. П. Е. Голубцова. - М. : НИЦ "Регулярная и хаот. динамика", Ин-т компьютер. исслед., 2010. - 184 с. - (Библиотека журнала "Регулярная и хаотическая динамика"). - ISBN 978-5-93972-865-2 : 170.00., 1 экз.
4. Бычков Юрий Александрович. Хаос в динамических системах : классификац. модели, аналит.-числ. метод, эквивал. преобразования и вычисл. алгоритмы / С.-Петерб. гос. электротехн. ун-т "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина). - Изд. 2-е, перераб. - СПб. : Технолит, 2009. - 314 с. - ISBN 978-5-7629-0988-4 : 110.00., 1 экз.

## Дополнительная литература:

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : учебник / Ремизов А.Н. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. - 656 с. - ISBN 978-5-9704-7012-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=809447&idb=0>.
2. Биофизика и биоматериалы. Акустика, оптика и электромагнетизм : учеб. пособие / Новиков А. А., Седых Д. А., Негров Д. А., Путинцева А. Р. - Омск : ОмГТУ, 2019. - 98 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ОмГТУ - Медицина. - ISBN 978-5-8149-2950-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=728733&idb=0>.

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

- 1, Электронно-библиотечная система «Консультант студента».
2. Электронно-библиотечная система «Лань».
3. Электронно-библиотечная система «Znaniy.com».
4. Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ».
5. Электронно- библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE».
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU».
7. <http://www.pirobot.org/blog/0007>
8. <http://www.scholarpedia.org/article/STDP>
9. [http://www.scholarpedia.org/article/Models\\_of\\_synaptic\\_plasticity](http://www.scholarpedia.org/article/Models_of_synaptic_plasticity)
10. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
11. [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)
12. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

## 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 30.05.03 - Медицинская кибернетика.

Автор(ы): Казанцев Виктор Борисович, доктор физико-математических наук, доцент.

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

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023г., протокол № 2.