

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

УТВЕРЖДЕНО
Президиумом ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г., № 4

Рабочая программа дисциплины

Теоретические основы кибернетики

Уровень высшего образования

Специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

30.05.03 Медицинская кибернетика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Врач-кибернетик

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

Специалист

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.ДВ.02.01 Теоретические основы кибернетики относится к части ООП направления подготовки 30.05.03 Медицинская кибернетика, формируемой участниками образовательных отношений.

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 | |
| ПК-14. Способность анализировать научную, клиническую, нормативно-правовую и справочную информации, учебную литературу и другие источники для определения перспективных направлений научных исследований и построения информационных моделей | <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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 построения информационных моделей.</p> | <p>ПК-14.1: Знает возможности применения математических методов и базовый понятийный аппарат нейрокибернетики для моделирования различных кибернетических систем и прогнозирования их поведения</p> <p>ПК-14.2: Умеет формулировать математическое описание процессов, происходящих в кибернетических системах и обоснованно делать выбор в пользу конкретного мат. метода.</p> <p>ПК-14.3 Владеет навыками для моделирования сложных кибернетических систем с использованием современных методов, адаптированных к решению конкретной кибернетической задачи</p> | Тестирование Практическое задание |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | |
|---|---------------------------------|
| | очная форма обучения |
| Общая трудоемкость | 3 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 108 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32 |
| самостоятельная работа | 75 |
| КСР | 1 |
| Промежуточная аттестация – Зачет/экзамен | |

3.2. Содержание дисциплины

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

| Наименование и краткое содержание 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 | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| | очная | очная | очная | очная | очная | очная |
| Тема 1: Предмет и содержание лекционного курса. | 9 | 2 | 0 | 0 | 2 | 15 |
| Управляемые динамические системы. | 13 | 4 | 0 | 0 | 3 | 10 |
| Линейные системы автоматического регулирования. Операционные системы и операционные исчисления. | 13 | 3 | 0 | 0 | 4 | 10 |
| Нелинейные системы автоматического регулирования и методы их исследования. | 13 | 3 | 0 | 0 | 3 | 15 |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|----|---|---|----|----|
| Динамические модели живых систем. | 13 | 4 | 0 | 0 | 4 | 20 |
| КСР | 1 | | | | | |
| Итого | 108 | 16 | 0 | 0 | 16 | 75 |

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

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс 1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента». 2. Электронно-библиотечная система «Лань». 3. Электронно-библиотечная система «Znanium.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 10. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> 11. [webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com) 12. www.scopus.com).

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций | | | | | | |
|--|---|---------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|
| | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
| | не зачтено | | зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретическ | Уровень знаний ниже минимальных | Минимально допустимый уровень знаний. | Уровень знаний в объеме, соответствующем | Уровень знаний в объеме, соответствующем | Уровень знаний в объеме, соответствующем | Уровень знаний в объеме, превышающем |

| | | | | | | | |
|---------------|--|--|--|--|---|---|---|
| | ого материала. Невозможн ость оценить полноту знаний вследствие отказа обучающег ося от ответа | требований. Имели место грубые ошибки. | Допущено много негрубых ошибки. | программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | программе подготовки. Допущено несколько несущественн ых ошибок | программе подготовки, без ошибок. | программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальн ых умений . Невозможн ость оценить наличие умений вследствие отказа обучающег ося от ответа | При решении стандартны х задач не продемонст рированы основные умения. Имели место грубые ошибки. | Продемонст рированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. | Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонст рированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несуществе нными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продемонст рированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом . Невозможн ость оценить наличие навыков вследствие отказа обучающег ося от ответа | При решении стандартны х задач не продемонст рированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | Имеется минимальн ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторыми недочетами | Продемонстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонст рированы навыки при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов. | Продемонст рирован творческий подход к решению нестандартн ых задач |

Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|--------|-------------|---|
| | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», |

| | | |
|------------|---------------------|--|
| зачтено | | 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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| | Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| | Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам табл.2)

5.2.1 Контрольные вопросы

| вопросы | Код формируемой компетенции |
|--|-----------------------------|
| Математическая модель динамической системы, основанная на понятии состояния. Классификация. Геометризация. | ПК-14 |
| Основные задачи динамических систем. | ПК-14 |
| Преобразование Лапласа и Фурье. Связь между ними. Метод операционных исчислений. | ПК-14 |
| Z-преобразование. Связь с преобразованием Лапласа. Метод операционных исчислений. | ПК-14 |
| Функциональная модель динамической системы. Понятие динамического звена. Классификация. Сравнение модели основанное на понятии состояния и функциональной модели | ПК-14 |
| Коэффициент передачи, переходные функции и частотные характеристики непрерывного звена | ПК-14 |
| Коэффициент передачи, переходные последовательности и частотные характеристики дискретного звена | ПК-14 |
| Обобщение понятия динамического звена. Матричный коэффициент передачи. Временное и частотное описание | ПК-14 |
| Устойчивость непрерывного динамического звена. Критерий Рауса-Гурвица. | ПК-14 |
| Устойчивость дискретного звена. Критерий Шура-Кона | ПК-14 |

5.2.2. Типовые тестовые задания 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.

5.2.3. Типовые задания/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) $\dot{x} = x(\mu - e^x)$

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

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

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

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

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

$$1) \quad \begin{cases} \dot{x} = x - y \\ \dot{y} = x^2 + y^2 - 2 \end{cases}$$

$$2) \quad \begin{cases} \dot{x} = x - y \\ \dot{y} = y^3 + 1 \end{cases}$$

$$3) \quad \begin{cases} \dot{x} = 2xy^2 - 1 \\ \dot{y} = y^2 - 25x \end{cases}$$

$$4) \quad \begin{cases} \dot{x} = x - y \\ \dot{y} = x^2 - x \end{cases}$$

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

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-го или более высокого порядка с помощью критерия Рауса-Гурвица, найти и классифицировать с.р.:

$$1) \begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = \alpha y + x(x-1)^2 + z \\ \dot{z} = \beta x, \quad \alpha, \beta > 0 \end{cases}$$

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

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

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

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

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

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

$$3) w(t) = \frac{k}{T} e^{-\frac{3t}{T}}$$

$$4) w(t) = \frac{1}{x} + e^{-\frac{t}{5T}}$$

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

а) основная литература:

1. А. Н. Ремизов. Медицинская и биологическая физика: учебник / - 4-е изд., испр. и перераб. - 2012. - 648 с. (8 экземпляров в библиотеке ННГУ). Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970424841.html>
2. Мозер Ю., Цендер Э. - Заметки о динамических системах. - М.; Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Ин-т компьютер. исслед., 2011. - 356 с. (1 экземпляр в библиотеке ННГУ)
3. Мозер Ю. - Устойчивые и хаотические движения в динамических системах. - М.: НИЦ "Регулярная и хаот. динамика", Ин-т компьютер. исслед., 2010. - 184 с. (1 экземпляр в библиотеке ННГУ)
4. Бычков Ю. А., Щербаков С. В. - Хаос в динамических системах: классификац. модели, аналит.-числ. метод, эквивал. преобразования и вычисл. алгоритмы. - СПб.: Технолит, 2009. - 314 с. (1 экземпляр в библиотеке ННГУ)

б) дополнительная литература:

1. Медицинская и биологическая физика. Сборник задач [Электронный ресурс] / А. Н. Ремизов, А. Г. Максина - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN97859704295561.html>
 2. Физика и биофизика [Электронный ресурс] : учебник / В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970435267.html>
 3. Основы математического анализа. В 2-х ч. [Электронный ресурс] : Учеб. для вузов / Ильин В.А., Позняк Э.Г. - 7-е изд., стер. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. - (Курс высшей математики и математической физики. Вып.1).Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109024.html>
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922105378.html>
- в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет»; и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

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

Автор(ы): Казанцев В.Б. д.ф.-м.н., доц., зав. каф. нейротехнологий

Рецензент(ы): Осипов Г.В., д.ф.-м.н., доц., зав. каф. теории управления и динамики систем ИИТММ

Заведующий кафедрой: Матросов В.В. д.ф.-м.н., проф.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 06.12.2021 года, протокол № 3