

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

  
Заведующий кафедрой  
физиологии человека и животных  
Вашанов Г.А.  
*подпись, расшифровка подписи*

02.06.2020

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Б1.Б.40 Физиологическая кибернетика

- 1. Шифр и наименование специальности:** 30.05.03 Медицинская кибернетика
- 2. Специализация:** Медицинская кибернетика
- 3. Квалификация выпускника:** врач-кибернетик
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** физиологии человека и животных медико-биологического факультета
- 6. Составители программы:** Сулин Валерий Юрьевич, канд. биол. наук, доцент
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом медико-биологического факультета, протокол от 01.06.2020, № 0100-05
- 8. Учебный год:** 2023/2024                      **Семестр(-ы):** 7, 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель: формирование у студентов теоретических и практических знаний о функционировании отдельных систем, органов, тканей и клеток организма человека и животных и организма как единого целого, посредством изучения важнейших физиологических процессов и взаимосвязи его с окружающей средой. Формирование практических навыков по оценке функционального состояния организма человека и животных.

Задачи:

- изучить общие закономерности и конкретные механизмы функционирования организма человека и животных на молекулярном, клеточном и организменном уровнях.
- изучить системы регуляции физиологических процессов, их взаимосвязи на разных уровнях.
- изучить механизмы адаптации организма при его взаимодействии с окружающей средой.
- овладение навыками работы с современной аппаратурой, планирования организации эксперимента, умением анализировать полученные результаты, делать на их основе правильные выводы, и умением оформлять протоколов.
- научить применять полученные данные в конкретных ситуациях для решения физиологических и профессиональных задач.
- научить понимать и соблюдать нормы здорового образа жизни, владеть средствами самостоятельного и методически правильного использования методов укрепления здоровья.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина «Физиологическая кибернетика» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика (специалист).

Учебная дисциплина «Физиологическая кибернетика» является предшествующей для дисциплин «Фармакология», «Патологическая физиология», «Внутренние болезни», «Неврология и психиатрия», «Иммунология», «Клиническая и экспериментальная хирургия», «Педиатрия», «Функциональная диагностика», «Клиническая диагностика».

Знания, навыки и умения, полученные при освоении данной дисциплины необходимы обучающемуся для осуществления медицинской и научно-исследовательской деятельности.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

| Код и содержание компетенции  | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:              |   |   |
|---|---|---|---|
|   | Знать   | Уметь   | Владеть   |
| ПК-12 способность к определению новых областей исследования и проблем в сфере разработки биофизических и физико-химических технологий в здравоохранении | знает: основные морфофункциональные и физиологические параметры организма | умеет применять знания и навыки, направленные на сохранение и укрепление здоровья, формирование здорового образа жизни, предупреждение возникновения и (или) распространения заболеваний, их ран- | владеет: методами определения основных морфофункциональных и физиологических параметров организма |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | нюю диагностику, выявление причин и условий их возникновения и развития |  |
|--|--|---|--|

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 8 ЗЕ / 288 часов.**

**Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)** зачет (7 семестр), экзамен (8 семестр).

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы       |                        | Всего | Трудоемкость |            |     |
|--------------------------|------------------------|-------|--------------|------------|-----|
|                          |                        |       | По семестрам |            |     |
|                          |                        |       | 9 семестр    | 10 семестр | ... |
| Контактная работа        |                        | 100   | 50           | 50         |     |
| в том числе:             | лекции                 | 16    | 16           |            |     |
|                          | практические           |       |              |            |     |
|                          | лабораторные           | 84    | 34           | 50         |     |
|                          | курсовая работа        |       |              |            |     |
|                          | групповые консультации |       |              |            |     |
| Самостоятельная работа   |                        | 152   | 58           | 94         |     |
| Промежуточная аттестация |                        | 36    |              | 36         |     |
| Итого:                   |                        | 288   | 108          | 180        |     |

#### 13.1. Содержание разделов дисциплины:

| п/п              | Наименование раздела дисциплины           | Содержание раздела дисциплины   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *  |
|------------------|---|---|---|
| <b>1. Лекции</b> |   |   |   |
| 7 семестр        |   |   |   |
| 1                | Общие вопросы физиологической кибернетики | История физиологической кибернетики, ее цели и задачи. Понятие математического моделирования. Моделирование в медицине и биологии. Современные средства и подходы в математическом моделировании живых систем. Специфика биологических систем управления, их анализ. Общие принципы математического моделирования в биологии. Методология построения моделей биосистем. Априорное и эмпирическое моделирование. | Moodle:URL: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 2                | Основы теории управления биосистем        | Качественное исследование типичной биологической системы управления на примере системы регуляции величины зрачка. Типичная функциональная схема нейрорегуляции. Блочная схема строения системы регуляции  | Moodle:URL: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |

|                      |  |  |  |
|----------------------|--|--|--|
|                      |  | величины зрачка. Энергетическая классификация элементов системы.   |  |
| 3                    | Функциональное моделирование живых систем.                                   | Синтез математических моделей на основе экспериментальных данных. Требования к экспериментальной части исследования. Планы эксперимента.   | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 4                    | Биосистемы 1-го порядка  | Линейные биологические модели 1 порядка. Редукция системы терморегуляции организма к модели 1 порядка с сосредоточенными параметрами. Постоянная времени. Передаточная функция системы первого порядка. Построение структурных схем системы с использованием преобразования Лапласа.   | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 5                    | Частотный анализ биосистем 1-го порядка                                      | Комплексная плоскость и вращающийся вектор. Основные постулаты метода частотных характеристик. Обобщенный синусоидальный сигнал. Связь между переходными и частотными характеристиками. Полоса пропускания сигнала.  | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 6                    | Биосистемы 2-го порядка и их частотный анализ.                               | Линейные системы второго порядка. Модель свободного качания ноги человека. Консервативная система 2-го порядка. Система с затуханием колебаний. Уравнение стандартной системы 2-го порядка. Собственная частота системы и коэффициент затухания. Динамический и статический коэффициенты усиления. Особенности поведения системы 2-го порядка на примере модели полукружного канала. | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 7                    | Нелинейные биосистемы и биосистемы высокого порядка                          | Модели биологических систем высокого порядка. Модели третьего порядка. Редукция к системе второго порядка. Звенья чистого запаздывания и чистого упреждения. Простые модели высокого порядка. Колебательные системы. Моделирование по моментам импульсных характеристик.   | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 8                    | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | Подходы к постановке задачи. Цель исследования, необходимость и достаточность. Выбор входных переменных. Требования к регистрирующей аппаратуре. Алгоритмизация процессов теоретической и экспериментальной фаз исследования. Вычислительный эксперимент, последовательность действий.   | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| Лабораторные занятия |  |  |  |
| 9                    | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | Подходы к постановке задачи. Цель исследования, необходимость и достаточность. Выбор входных переменных. Требования к регистрирующей аппаратуре. Алгоритмизация процессов теоретической и экспериментальной фаз исследования. Вычислительный эксперимент, последовательность действий.   | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 10                   | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | Анализ системы кровообращения. Реакция   | Moodle:URL:  |

|    |  |   |  |
|----|--|---|--|
|    | ческая кибернетика и анализ моделей физиологических систем.                  | системы на физическую нагрузку. Представление сосудистого русла как резервуара с гибкими стенками (модель Франка) и как двух резервуаров с гибкими стенками и неупругим звеном (модель Ростона). Модель сосудистого русла Гродинза. Многокамерные модели Дефареса и Бенекена. Модели регуляции сердечно-сосудистой системы. Барорецептивный рефлекс.          | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a>                |
| 11 | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | Математические модели сердца. Модель на основе свойств мышечного волокна (модель Бенекена). Оценка сократительных свойств сердца. Трехэлементная модель сердечной мышцы. Математические модели целостного желудочка.  | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 12 | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | Модели газообмена. Представление потоков газов как основных параметров. Хемостат Гродинза. Диффузия газов в легких. Уравнение Фика. Диффузионные процессы газов в тканях. Регулятор дыхания. Динамические и статические уставки. Связь дыхательной и кровеносной систем.  | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 13 | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | Гемопозз. Основные понятия с точки зрения математического моделирования. Факторы, определяющие скорость гемопозза на примере восстановления картины красной крови после кровопотери.  | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 14 | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | Модели иммунной системы. Основные понятия с точки зрения математического моделирования. Представление реакции системы на введение антигена как цепочки элементарных реакций. Инициализация, скорость производства иммунных сил (пороговая функция) и запаздывание. Математическая модель развития иммунного ответа по Беллу. Сетевые модели иммунной системы. | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 15 | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | Железы внутренней секреции. Гормоносинтетическая и гормоносекреторная функции организма. Факторы, определяющие скорость синтеза и секрецию гормонов. Цикличность синтетических и секреторных процессов на примере гормонопозетического элемента железы гранулярного типа.   | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |
| 16 | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | Компартментные модели, основные понятия. Практическое использование. Однокомпартментная модель, уравнение линейной диффузии. Модель с потреблением вещества. Диффузный потенциал. Двухкомпартментные модели, условия возникновения равновесия. Многокомпартментные модели, их ограничения. Метод самосогласующейся аппроксимации.                             | Moodle:URL:<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523</a> |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины  | Виды занятий (часов) |                      |                        |            |
|-------|--|----------------------|----------------------|------------------------|------------|
|       |  | Лекции               | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | Всего      |
| 1     | Общие вопросы физиологической кибернетики                                    | 2                    |                      | 6                      | 8          |
| 2     | Основы теории управления биосистем   | 2                    |                      | 8                      | 10         |
| 3     | Функциональное моделирование живых систем.                                   | 2                    |                      | 8                      | 10         |
| 4     | Биосистемы 1-го порядка  | 2                    |                      | 8                      | 10         |
| 5     | Частотный анализ биосистем 1-го порядка                                      | 2                    |                      | 8                      | 10         |
| 6     | Биосистемы 2-го порядка и их частотный анализ.                               | 2                    |                      | 8                      | 10         |
| 7     | Нелинейные биосистемы и биосистемы высокого порядка                          | 2                    |                      | 8                      | 10         |
| 8     | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем. | 2                    | 84                   | 94                     | 180        |
|       | Групповые консультации   |                      |                      |                        |            |
|       | Контроль   |                      |                      |                        | 36         |
|       | <b>Итого:</b>  | <b>16</b>            | <b>50</b>            | <b>152</b>             | <b>288</b> |

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студенты знакомятся с теоретическим материалом в процессе лекционного курса, самостоятельно прорабатывают и усваивают теоретические знания с использованием рекомендуемой учебной литературы, учебно-методических пособий, согласно указанному списку (п.15).

Студенты регулярно самостоятельно изучают материалы электронного учебного комплекса (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523>) по дисциплине «Физиологическая кибернетика» и выполняют задания этого комплекса.

На лабораторных занятиях студенты либо индивидуально, либо в составе малой группы выполняют учебно-исследовательскую работу. В ходе выполнения лабораторных работ студенты приобретают навыки обращения с биологическими объектами, лабораторным оборудованием и инструментарием, самостоятельно осуществляют эксперименты, регистрируют, анализируют и интерпретируют результаты физиологических исследований. Результаты учебно-исследовательской работы, включая необходимые расчеты, заключения и выводы, ответы на вопросы (задания) оформляются в рабочей тетради студента в виде протокола исследования. В конце лабораторного занятия результаты и материалы учебно-исследовательской работы докладываются преподавателю, при необходимости обсуждаются в группе (отчет о лабораторном занятии). В случаях пропуска лабораторного занятия по каким-либо причинам студент обязан его самостоятельно выполнить под контролем преподавателя во время индивидуальных консультаций.

Текущие аттестации включают в себя регулярные отчеты студентов по лабораторным работам, выполнение тестовых и иных заданий к лекциям и разделам физиологии в соответствии с методическими рекомендациями ЭУК по дисциплине «Физиологическая кибернетика».

При подготовке к текущей аттестации студенты изучают и конспектируют реко-

мендуемую преподавателем учебную литературу по темам лекционных и лабораторных занятий, самостоятельно осваивают понятийный аппарат, закрепляют теоретические знания с использованием электронного учебно-методического комплекса.

Планирование и организация текущих аттестации знаний, умений и навыков осуществляется в соответствии с содержанием рабочей программы и календарно-тематическим планом с применением фонда оценочных средств и электронного учебного комплекса (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523>).

Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются в балльной системе и по решению кафедры могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся. Формой промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся является зачет с оценкой (5 семестр) и экзамен (6 семестр).

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей и в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

Для лиц с нарушением слуха информация по учебной дисциплине (лекции, методические рекомендации к выполнению лабораторных работ, фонды оценочных средств, основная и дополнительная литература) размещены в электронном учебном комплексе (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523>). На лекционных занятиях и лабораторных занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). На лекционных занятиях и лабораторных занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента.

При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам. При необходимости, время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата с учетом состояния их здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно с использованием электронного учебного комплекса (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523>). На лекционных занятиях и лабораторных занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.

## **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины:**

а) основная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | Физиология человека : учеб. / под ред. В.М.Покровского, Г.Ф. Коротько. – М. : Медицина, 2011. – 664 с. // Издательство «Консультант студента» : электронно-библиотечная система. – URL: <a href="http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785225100087.html">http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785225100087.html</a> |
| 2     | Нормальная физиология : учеб. / под ред. К.В. Судаков .— Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2012. // Издательство «Консультант студента» : электронно-библиотечная система. – URL: <a href="http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970419656.html">http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970419656.html</a>                  |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|----------|
|-------|----------|

|    |   |
|----|---|
| 3  | <i>Физиология человека : учебник / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. – М. : Медицина, 2011. – 664 с.</i>  |
| 4  | <i>Судаков К.В. Нормальная физиология / К.В. Судаков. - М. : Мед. информационное агентство, 2006. – 920 с.</i>  |
| 5  | <i>Физиология человека : учебник / под ред. Г.И. Косицкого. – М. : Альянс, 2009. – 559 с.</i>   |
| 6  | <i>Физиология человека : учебник / под ред. Н.А. Агаджаняна, В.И. Циркина. – М. : Мед. кн., 2003. – 526 с.</i>  |
| 7  | <i>Начала физиологии : учебник для студ. вузов / А.Д. Ноздрачев [и др.]. – СПб. : Лань, 2001. – 1087 с.</i>   |
| 8  | <i>Физиология человека : учебник для студ. вузов / под ред. Н.А. Агаджаняна, В.И. Циркина. – М. : Мед. кн., 2003. – 526 с.</i>  |
| 9  | <i>Физиология человека : Compendium : учебник для студ. вузов / под ред. Б.И. Ткаченко, В.Ф. Пятина. – СПб., 2002. – 413 с.</i>   |
| 10 | <i>Физиология человека : учеб. пособие / под ред. Р.Шмидта, Г. Тевса – 1996. – Т.1. – 321 с. – <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/books/b34854.djvu">http://www.lib.vsu.ru/elib/books/b34854.djvu</a>; Т.2. – 308 с. – <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/books/b34855.djvu">http://www.lib.vsu.ru/elib/books/b34855.djvu</a>; Т.3. – 222 с. – <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/books/b34856.djvu">http://www.lib.vsu.ru/elib/books/b34856.djvu</a>.</i> |
| 11 | Камкин А.Г. Атлас по физиологии : в 2 т. Т. 1 / А.Г. Камкин, И.С. Киселева. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2013. // Издательство «Консультант студента» : электронно-библиотечная система. – URL: <a href="http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970424186.html">http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970424186.html</a>   |
| 12 | Камкин А.Г. Атлас по физиологии : в 2 т. Т. 2 / А.Г. Камкин, И.С. Киселева. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2013. // Издательство «Консультант студента» : электронно-библиотечная система. – URL: <a href="http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970424193.html">http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970424193.html</a>   |
| 13 | <i>Малый практикум по физиологии человека и животных : учеб. пособие для студ. вузов / А. С. Батуев [и др.]. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2001. – 345 с.</i>   |
| 14 | Советов Б. Я. Моделирование систем : учебник для бакалавров / Б.Я. Советов, С. А. Яковлев. — 7-е изд. — Москва : Юрайт, 2012 .— 342 с.  |

#### в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 15.   | <a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Pubmed">http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Pubmed</a> - База научных данных в области биомедицинских наук. (MEDLINE и др. биомедицинские издания). Поиск статей по именам и ключевым словам. Определение индекса цитирования и импакт-фактора. Текстовая информация и литературные ссылки. Работа с научными журналами. |
| 16    | <a href="http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb">www.chem.qmul.ac.uk/iubmb</a> - Биохимическая классификация и номенклатура ферментов. Свободный доступ на сайте Международного союза биохимии и молекулярной биологии.   |
| 17    | <a href="http://www.swissprot.com">www.swissprot.com</a> – свободный доступ к международной базе данных по первичным и 3D структурам ферментов  |
| 18    | <a href="http://www.omim.org/">http://www.omim.org/</a> (Online Mendelian Inheritance in Man) – каталог генов человека и генетических нарушений. Таксономические базы данных (NCBI).  |
| 19    | <a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov/refseq/">http://www.ncbi.nlm.nih.gov/refseq/</a> Базы данных нуклеотидных последовательностей (Genetic sequence databank GenBank), Reference Sequence databank, первичные последовательности DNA, mRNA и белков основных исследованных организмов.   |
| 20    | <a href="http://www.pdb.org/">http://www.pdb.org/</a> – банк данных по пространственным структурам белков (более 70 тыс. структур)  |
| 21    | <a href="http://www.uniprot.org">http://www.uniprot.org</a> - Центральное хранилище данных о последовательностях и функциях белков – база данных Универсального белкового ресурса (Universal Protein Resource, UniProt,)  |
| 22    | <a href="http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/">http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/</a> - курс лекций Г.Ю. Ризниченко по математическим моделям в биологии  |

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы:

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1     | Советов Б. Я. Моделирование систем. Практикум : учебное пособие для бакалавров / Б.Я. Советов, С. А. Яковлев. — Москва : Юрайт, 2012 .— 294 с.   |
| 2     | Ризниченко Г.Ю. Математические модели биологических продукционных процессов : Учеб. пособие / Г.Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — М. : Изд-во МГУ, 1993. - 299 с.  |
| 3     | <i>Физиология : электронный учебный комплекс. – <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3556">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3556</a></i>  |
| 4     | <i>Физиология человека и животных : уч. пособие для лабораторных занятий / Г.А. Вашанов, В.Ю. Сулин, С.И. Гуляева, М.Ю. Мещерякова, А.В. Сулин, К.В. Демеш, А.П. Салей // Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2016. – 96 с.</i> |



## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

С использованием ЭУМК (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523>) применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии в части освоения материала лекционных, семинарских и практических занятий, самостоятельной работы по разделам дисциплины, контроль освоения учебного материала с использованием тестов, ситуационных задач, проведение текущей и промежуточной аттестации.

Чтение разных типов лекций (вводная, информационная, проблемная) с использованием слайд-презентаций очно и (или) с применением дистанционных образовательных технологий (<URL:https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12523>). На семинарских и практических занятиях использование интерактивных и фасилитационных форм обучения: реферативные доклады-презентации с групповым обсуждением, видео-презентации, решение профессиональных ситуационных задач.

Использование информационно-справочной системы «Консультант Плюс» - для студентов открыт постоянный доступ в компьютерном классе

ЗНБ ВГУ [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru)

ЭБС «Университетская библиотека online» <https://biblioclub.ru/>

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

| Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения  | Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом |
|---|---|
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: специализированная мебель, проектор Acer X115H DLP, экран для проектора, ноутбук Lenovo G580 с возможностью подключения к сети «Интернет»<br>ПО: WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc,<br>OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc,<br>Офисная система LibreOffice 4.4.4<br>ПО Dr. Web Enterprise Security Suite<br>СПС "Консультант Плюс" для образования<br>Система управления обучением Moodle<br>интернет-браузер Mozilla Firefox                            | г. Воронеж, площадь Университетская, д.1  |
| Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:: специализированная мебель, проектор Acer X115H DLP, экран для проектора, ноутбук Lenovo G580 с возможностью подключения к сети «Интернет»<br>электрокардиографы ЭК1Т-07 Аксион, пульсоксиметр ЭЛОКС-01, спирометр СП-01, спирометр Спиро-спектр, тонометры ИАД-01 Адьютор, термостат суховоздушный ТС-1/80 СПУ, ФЭК КФК-2, микроскопы БИОМЕД-2 монокуляр- | г. Воронеж, площадь Университетская, д.1  |

|  |   |
|--|---|
| <p>ные, электростимуляторы ЭСЛ-02, термостат суховоздушный ТС-1/80 СПУ, водяная баня, центрифуга лабораторная СМ-12, центрифуга гематокритная СМ-70, центрифуга С-2204, Симуляционная он-лайн система отработки навыков ЭКГ, Цифровой манекен аускультации сердца и легких, Электростимулятор ЭСЛ-2, кимограф, микроскоп Биолам С-11, спирометр СП-01.</p> <p>ПО: WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc,<br/>OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc,<br/>Офисная система LibreOffice 4.4.4<br/>ПО Dr. Web Enterprise Security Suite<br/>СПС "Консультант Плюс" для образования<br/>Система управления обучением Moodle<br/>интернет-браузер Mozilla Firefox</p> |   |
| <p>Помещение для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети «Интернет»: Специализированная мебель, компьютеры (системный блок Pentium Dual Core CPU E6500, монитор LG Flatron L1742 (17 шт.) ПО OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc.</p>   | <p>г. Воронеж, площадь Университетская, д.1</p> |

### 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля)       | Компетенция(и) | Оценочные средства  |
|-------|--|----------------|---|
|       | Общие вопросы физиологической кибернетики      | ПК-12          | Устный опрос, лабораторное занятие, коллоквиум, комплект тестов |
|       |  | ПК-12          |   |
|       | Основы теории управления биосистем             | ПК-12          | Устный опрос, лабораторное занятие, коллоквиум, комплект тестов |
|       |  | ПК-12          |   |
|       | Функциональное моделирование живых систем.     | ПК-12          | Устный опрос, лабораторное занятие, коллоквиум, комплект тестов |
|       |  | ПК-12          |   |
|       | Биосистемы 1-го порядка                        | ПК-12          | Устный опрос, лабораторное занятие, коллоквиум, комплект тестов |
|       |  | ПК-12          |   |
|       | Частотный анализ биосистем 1-го порядка        | ПК-12          | Устный опрос, лабораторное занятие, коллоквиум, комплект тестов |
|       |  | ПК-12          |   |
|       | Биосистемы 2-го порядка и их частотный анализ. | ПК-12          | Устный опрос, лабораторное занятие, коллоквиум, комплект тестов |
|       |  | ПК-12          |   |

|                |   |       |   |
|----------------|---|-------|---|
|                | Нелинейные биосистемы и биосистемы высокого порядка                         | ПК-12 | Устный опрос, лабораторное занятие, коллоквиум, комплект тестов |
|                |   | ПК-12 |   |
|                | Частная физиологическая кибернетика и анализ моделей физиологических систем | ПК-12 | Устный опрос, лабораторное занятие, коллоквиум, комплект тестов |
|                |   | ПК-12 |   |
| Комплект КИМов |   |       |   |

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

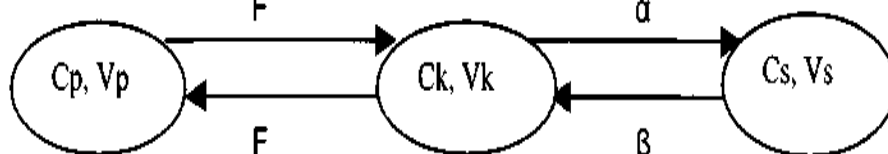
### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: рефератов, докладов с презентациями, тестовых заданий

#### Примерный вариант тестовых заданий

- 1 Определение преобразования Лапласа. Для каких функций определено это преобразование?
- 2 Вывести преобразование Лапласа для функции  $f'(t)$
- 3 Вывести преобразование Лапласа для функции  $f''(t)$
- 4 Вывести преобразование Лапласа для функции  $\exp(-at)$ .
- 5 Определение импульсной переходной функции. Привести примеры ИПФ.
- 6 Как найти ответ системы на входной сигнал, используя ИПФ?
- 7 Как вычислить концентрацию лекарственного препарата в крови в любой момент времени по заданной ИПФ системы и входному воздействию.
- 8 Вывод уравнений моделей кинетики фармакологических и ферментативных процессов и клеточной кинетики с помощью закона сохранения вещества.
- 9 Метод Эйлера для численного решения систем дифференциальных уравнений. Привести пример разностной схемы для двухкамерной модели транспорта лекарственного препарата в крови.
- 10 Общий план качественного исследования поведения систем 1 порядка.
- 11 Общий план исследования поведения систем 2 порядка и типы стационарных состояний.  
Задачи первого уровня:
  1. Найти решение, ИПФ, Передаточную функцию для заданной системы первого порядка:
    2. Типы устойчивых стационарных состояний для нелинейных систем 2-го порядка.
    3. Записать математическую модель двухкамерной системы фармакокинетики, физический смысл и размерности переменных состояния и параметров для системы.
    4. Как найти ответ системы на входной сигнал, используя ИПФ?
    5. Примеры моделей кинетики ферментативных реакций.
    6. Провести качественное исследование динамика популяции описываемой следующей моделью:  $dC(t)/dt = V + a \cdot C(t) - b \cdot C(t)^2$
    7. Записать уравнения модели динамики популяций «хищник-жертва».
    8. Найти полное поведение однокамерной фармакокинетической системы при импульсном введении дозы лек. препарата.

9. Как вычислить концентрацию лекарственного препарата в крови в любой момент времени по заданной ИПФ системы и входному воздействию.
10. Записать разностную схему для численного исследования модели сосуществования двух популяций в симбиозе.
11. Записать разностную схему для двухкамерной модели транспорта лекарственного препарата в крови.
12. Привести биологические примеры нелинейных системам второго порядка.
13. Записать ИПФ для однокамерной фармакокинетической системы:
14. Какие характеристики линейных систем можно получить экспериментально, используя импульсный входной сигнал и регистрируя выходной сигнал?
15. Типы устойчивых стационарных состояний для нелинейных систем 2-го порядка.
16. Примеры биологических систем, описываемых нелинейными системами дифференциальных уравнений второго порядка
17. Метод Эйлера для численного решения систем дифференциальных уравнений. Привести пример разностной схемы для двухкамерной модели транспорта лекарственного препарата в крови.
18. Перечислить типы устойчивых стационарных состояний для нелинейных систем второго порядка.
19. Вывести уравнения системы детоксикации плазмы крови с помощью сорбции:



- 20.
21. Методика расчета режима введения препарата при заданном терапевтическом диапазоне с помощью однокамерной математической модели на компьютере.
22. Записать разностную схему для модели двух конкурирующих видов.
23. Отнести предложенную систему к определенному классу по всем известным типам классификации:  $dC/dt = V - a(t) \cdot C + b \cdot C$
24. Определение импульсной переходной функции. Привести примеры ИПФ.
25. Качественное исследование модели динамики популяции  $dx/dt = a \cdot x / (K + x) - b \cdot x$ .
26. Найти вынужденное поведение однокамерной фармакокинетической системы.
27. Найти собственное поведение однокамерной фармакокинетической модели.
28. ИПФ линейной системы имеет вид:  $K(t) = \exp(-a \cdot t) - \exp(-b \cdot t)$ . Записать ответ на входное воздействие  $u(t)$ . Записать ответ на единичный импульс.
29. Качественное исследование модели динамики популяции  $dx/dt = a \cdot x / (K + x) - b \cdot x^2$ .

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет) осуществляется по итогам результатов текущей аттестации и (или) с использованием комплекта КИМов.

### Перечень вопросов к промежуточной аттестации

1. Определение понятий: система, входные и выходные переменные, модель, переменные состояния, динамическая система, состояние системы, поведение системы, параметры модели. Классификация систем. Методы математического описания различных классов систем. Примеры из биологической кинетики. Вывод уравнений математических моделей для различных систем фармакокинетики и токсикокинетики.
2. Однокамерная модель фармакокинетики. Кажущийся объем распределения и общий клиренс лекарственного вещества в организме пациента. Вывод уравнения математической модели. Метод построения компьютерной модели и мето-

дика использования этой модели для подбора индивидуальных режимов лекарственной терапии.

3. Точное решение систем линейных стационарных дифференциальных уравнений кинетики лекарственных и токсических веществ. Преобразование Лапласа: определение, основные формулы, таблица прямых и обратных преобразований. Решение задачи Коши для математической модели однокамерной фармакокинетики. Собственное и вынужденное поведение системы.
4. Модель фармакокинетики внутривенного введения лекарственного вещества при использовании понятия кажущегося объема распределения. Точное решение задачи Коши при произвольной зависимости скорости введения от времени. Методика использования этого решения для подбора индивидуальных режимов лекарственной терапии.
5. Вывод формулы для зависимости от времени концентрации лекарственного вещества в крови при внутривенном импульсном (болюсном) введении и однокамерной фармакокинетики. Методика использования этой формулы для подбора индивидуальных режимов лекарственной терапии с помощью компьютера.
6. Вывод формулы для зависимости от времени концентрации лекарственного вещества в крови при внутривенном длительном введении с постоянной скоростью (например, капельно) и однокамерной фармакокинетики. Методика использования этой формулы для вычисления скорости введения, необходимой для достижения заданной концентрации лекарственного вещества в крови.
7. Для комбинации болюсного (импульсного) и капельного (непрерывного введения с постоянной скоростью) внутривенного введения вывести формулу, определяющую изменение во времени концентрации лекарственного вещества в крови. Найти такую комбинацию, при которой концентрация в крови мгновенно достигает требуемого значения и остается равной этому значению во все последующие моменты времени.
8. Вывод формулы для зависимости от времени концентрации лекарственного вещества в крови при внутривенном введении с постоянной скоростью конечной продолжительности и однокамерной фармакокинетики. Методика использования этой формулы для подбора индивидуальных режимов лекарственной терапии с помощью компьютера.
9. Математическая модель внутримышечного (или перорального) введения лекарственного вещества в кровь, представленную кажущимся объемом распределения. Вывод уравнений модели. Вывод формулы зависимости от времени концентрации лекарственного вещества в крови при произвольной входной функции.
10. Собственное и вынужденное поведение линейной системы. Импульсная переходная функция (ИПФ). Связь с передаточной функцией. Применение ИПФ модели фармакокинетики внутримышечного введения для вычисления концентрации лекарственного вещества в крови после болюсного (импульсного) введения. Методика использования этой зависимости для подбора индивидуальных режимов лекарственной терапии с помощью компьютера.
11. Определение импульсной переходной функции системы фармакокинетики лекарственного вещества в клиническом исследовании пациента. Методика решения задачи подбора индивидуальной лекарственной терапии с использованием импульсной переходной функции
12. Вывод формулы для вычисления концентрации лекарственного вещества в крови по заданной импульсной переходной функции фармакокинетики этого вещества в организме пациента и определяемому лечащим врачом режиму дозирования.

13. Задача управления для линейных систем с непрерывным временем. Решение задачи управления для системы ПЕРВОГО порядка. Примеры их фармакокинетики.
14. Задача управления для линейных систем с непрерывным временем. Решение задачи управления для системы ВТОРОГО порядка. Примеры из фармакокинетики.
15. Задача управления для линейных систем с непрерывным временем. Решение задачи управления для системы ПЕРВОГО порядка. Примеры из фармакокинетики.
16. Приведение линейной системы ВТОРОГО порядка к каноническому виду. Канонические переменные состояния. Решение задачи управления. Применение в фармакокинетике.
17. Приближение линейных систем с непрерывным временем системами с дискретным временем. Общий вид уравнений дискретных систем. Задача управления для дискретных систем. Матричный критерий управляемости. Применение в фармакокинетике.
18. Приближение линейных систем с непрерывным временем системами с дискретным временем. Общий вид уравнений дискретных систем. Задача наблюдения для дискретных систем. Применение в токсикокинетике.
19. Приближение линейных систем с непрерывным временем системами с дискретным временем. Общий вид уравнений дискретных систем. Задача идентификации. Применение в медицине.
20. Качественное исследование поведения систем биологической кинетики, описываемых нелинейным дифференциальным уравнением первого порядка. Устойчивые и неустойчивые стационарные состояния.
21. Качественное исследование поведения нелинейных систем биологической кинетики второго порядка. Понятие фазовых траекторий. Фазовый портрет системы. Нуль – изоклины. Определение стационарных состояний. Примеры из кинетики популяций.
22. Исследование поведения нелинейных систем биологической кинетики второго порядка в окрестности стационарных состояний. Характеристическое уравнение. Типы стационарных состояний и их фазовые портреты. Грубые и негрубые системы. Примеры из кинетики популяций.
23. Общий план качественного исследования нелинейных кинетических систем. Определение характерных направлений движения по фазовым траекториям в областях, границами которых являются нуль - изоклины. Примеры из кинетики популяций.
24. Качественное исследование поведения биологических систем: хищник-жертва, конкуренция двух видов, симбиоз двух видов.
25. Качественное исследование кинетики простейшего ферментативного процесса. Особенности ферментативной кинетики в клетке.
26. Математическая модель гуморального иммунного ответа. Моделирование первичного и вторичного иммунного ответа на неразмножающийся антиген. Зависимость интенсивности первичного ответа от дозы антигена.
27. Качественное исследование возможности моделирования периодических болезней с помощью модели гуморального иммунного ответа.
28. Модель "границы жизни и смерти" в иммунной системе.
29. Математическое моделирование - косвенный метод исследования внутриклеточных механизмов действия кардиотропных препаратов в экспериментах на образцах миокардиальной ткани животных.
30. Алгоритмы идентификации параметров нелинейных моделей.