

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

"Красноярский государственный медицинский университет  
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого"

Министерства здравоохранения Российской Федерации

Медико-психолого-фармацевтический факультет

Кафедра медицинской кибернетики и информатики

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**"Физиологическая кибернетика"**

уровень специалитета

очная форма обучения

срок освоения ОПОП ВО - 6 лет

2018 год

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Красноярский государственный медицинский университет  
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого"  
Министерства здравоохранения Российской Федерации



25 июня 2018

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Дисциплины «Физиологическая кибернетика»

Для ОПОП ВО по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика

Уровень специалитета

Очная форма обучения

Срок освоения ОПОП ВО - 6 лет

Медико-психолого-фармацевтический факультет

Кафедра медицинской кибернетики и информатики

Курс - IV

Семестр - VII, VIII

Лекции - 56 час.

Практические занятия - 140 час.

Самостоятельная работа - 92 час.

Экзамен - VIII семестр (36 ч.)

Всего часов - 324

Трудоемкость дисциплины - 9 ЗЕ

2018 год

## 1. Вводная часть

### 1.1. Планируемые результаты освоения образовательной программы по дисциплине

Цель освоения дисциплины "Физиологическая кибернетика" состоит в овладении основами применения основных принципов и методов математического моделирования для создания математических моделей физиологических систем различного уровня организации и использовании математических моделей физиологических систем для исследования свойств и поведения соответствующих систем организма человека.

### 1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

1.2.1. Дисциплина «Физиологическая кибернетика» относится к блоку Б1 - «Дисциплины (модули)».

#### Дифференциальное и интегральное исчисление

**Знания:** основ математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, элементов прикладной математики, математического моделирования и обработки результатов измерения.

**Умения:** применять необходимые методы математического анализа, выбрать соответствующий математический аппарат для решения и контроля правильности решения.

**Навыки:** владения методами математического аппарата, методами обработки экспериментальных медико-биологических и клинических данных.

#### Общая биофизика

**Знания:** основных закономерностей биофизических процессов и явлений в организме и клетке, методологии биофизических исследований, уравнений ферментативной кинетики.

**Умения:** оценивать молекулярную организацию и биофизические свойства мембранных структур, решать ситуационные задачи по конкретным медицинским параметрам.

**Навыки:** владения методами биофизических исследований, статистической обработки результатов биофизических исследований.

#### Механика

**Знания:** основных законов физики, физических явлений и процессов, законов механики, физических законов функционирования медицинской аппаратуры.

**Умения:** применять необходимые методы математического анализа обработки экспериментальных данных.

**Навыки:** владения методами обработки экспериментальных медико-биологических данных.

#### Физиология

**Знания:** функциональных систем организма человека, их регуляции и саморегуляции при воздействии внешней среды, закономерностей функционирования отдельных органов и систем.

**Умения:** количественно и качественно оценивать физиологические показатели деятельности различных органов и систем в норме, использовать программные системы для обработки экспериментальных и клинических данных, изучения биохимических и биофизических процессов в организме.

**Навыки:** владения биометрическими методами обработки экспериментальных медико-биологических и клинических данных.

## **Биохимия**

**Знания:** теоретических и методологических основ биохимии, физико-химических и биохимических процессов в живом организме, основных биохимических лабораторных показателей, используемых для диагностики различных заболеваний, видов обмена веществ, основных метаболических путей и их регуляции.

**Умения:** записывать биохимические реакции.

**Навыки:** владения методами анализа биохимических реакций и метаболических путей.

### 1.3. Требования к результатам освоения дисциплины

1.3.1. Изучение данной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:

Общие сведения о компетенции ОПК-7	
Вид деятельности	-
Профессиональная задача	-
Код компетенции	ОПК-7
Содержание компетенции	способностью к оценке морфофункциональных, физиологических состояний и патологических процессов в организме человека для решения профессиональных задач
	<b>Знать</b>
	<b>Уметь</b>
1	анализировать распределение величин внутриклеточных метаболических потоков, полученных с использованием методологии потокового моделирования.
	<b>Владеть</b>
1	навыками оценки физиологических состояний и патологических процессов в организме человека на основе результатов потокового моделирования.
	<b>Оценочные средства</b>
1	Вопросы к экзамену
2	Вопросы по теме занятия
3	Задачи
4	Ситуационные задачи
5	Тесты
6	Примерная тематика рефератов

Общие сведения о компетенции ПК-8	
Вид деятельности	системно-аналитическая деятельность
Профессиональная задача	осуществление системного анализа объекта исследования в медицине и здравоохранении
Код компетенции	ПК-8
Содержание компетенции	готовностью к созданию математических и эвристических моделей физиологических систем для исследования свойств и поведения систем организма, внедрения их в автоматизированных системах слежения, анализа механизма действия лекарственных средств и немедикаментозных способов лечения, экспертных систем, решения задач идентификации параметров по экспериментальным и клиническим данным, выявления информативных признаков при установке диагноза и прогнозировании течения заболеваний
	<b>Знать</b>
1	осуществление системного анализа объекта исследования в медицине и здравоохранении
	<b>Уметь</b>
1	строить и анализировать математические модели физиологических систем человека.
2	строить модели действия лекарственных веществ на организм.

3	строить структурную схему установки для перфузии изолированных органов.
	<b>Владеть</b>
1	навыками построения математических моделей физиологических систем человека.
2	навыками построения математических моделей действия лекарственных веществ на организм при различной тактике их введения.
3	навыками построения структурных блок-диаграмм установка для перфузии изолированных органов.
	<b>Оценочные средства</b>
1	Вопросы к экзамену
2	Вопросы по теме занятия
3	Задачи
4	Ситуационные задачи
5	Тесты
6	Примерная тематика рефератов

<b>Общие сведения о компетенции ПК-9</b>	
Вид деятельности	информационно-технологическая деятельность
Профессиональная задача	Построение и использование математических моделей ферментативных процессов для определения динамики ферментативных систем и прогнозирования дальнейшего поведения системы.
Код компетенции	ПК-9
Содержание компетенции	готовностью разрабатывать и внедрять современные информационные технологии в здравоохранении, применять математические методы и современные прикладные программные средства для обработки экспериментальных и клинико-диагностических данных, моделирования медико-биологических процессов
	<b>Знать</b>
1	построение и использование математических моделей ферментативных процессов для определения динамики ферментативных систем и прогнозирования дальнейшего поведения системы.
	<b>Уметь</b>
1	строить метаболические карты.
2	строить модели ферментативной кинетики с использованием закона действующих масс.
3	строить потоковые модели метаболических процессов.
4	строить канонические модели метаболических процессов.
5	строить модели биологических систем в виде блок-диаграмм.
6	строить модели действия лекарственных веществ на организм.
7	строить структурную схему установки для перфузии изолированных органов.
	<b>Владеть</b>
1	навыками построения метаболических карт.
2	навыками построения моделей ферментативной кинетики.
3	навыками построения потоковых и канонических моделей метаболизма.
4	навыками построения моделей биологических процессов в виде блок-диаграмм.
5	навыками построения математических моделей действия лекарственных веществ на организм при различной тактике их введения.

6	навыками построения структурных блок-диаграмм установка для перфузии изолированных органов.
	<b>Оценочные средства</b>
1	Вопросы к экзамену
2	Вопросы по теме занятия
3	Задачи
4	Ситуационные задачи
5	Тесты
6	Примерная тематика рефератов

<b>Общие сведения о компетенции ПК-14</b>	
Вид деятельности	научно-производственная и проектная деятельность
Профессиональная задача	проведение медико-социальных и социально-экономических исследований
Код компетенции	ПК-14
Содержание компетенции	подготовка и оформление научно-производственной и проектной документации
	готовностью к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению и моделированию физико-химических, биохимических, физиологических процессов и явлений, происходящих в клетке человека
	<b>Знать</b>
1	проведение медико-социальных и социально-экономических исследований
2	подготовка и оформление научно-производственной и проектной документации
	<b>Уметь</b>
1	строить модели биологических систем в виде блок-диаграмм.
2	строить модели действия лекарственных веществ на организм.
3	строить структурную схему установки для перфузии изолированных органов.
	<b>Владеть</b>
1	навыками построения моделей биологических процессов в виде блок-диаграмм.
2	навыками построения математических моделей действия лекарственных веществ на организм при различной тактике их введения.
3	навыками построения структурных блок-диаграмм установка для перфузии изолированных органов.
	<b>Оценочные средства</b>
1	Вопросы к экзамену
2	Вопросы по теме занятия
3	Задачи
4	Ситуационные задачи
5	Тесты
6	Примерная тематика рефератов

## 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		VII	VIII
1	2	3	
Аудиторные занятия (всего), в том числе	196	112	84
Лекции (Л)	56	36	20
Практические занятия (ПЗ)	140	76	64
Из общего числа аудиторных часов - в интерактивной форме*	12 6%	4	8
Семинарские занятия (СЗ)			
Лабораторные работы (ЛР)			
Внеаудиторная (самостоятельная) работа обучающегося (СР), в том числе:	92	68	24
Подготовка к занятиям	78	58	20
Подготовка к текущему контролю	14	10	4
Вид промежуточной аттестации	36 (0.35)		Экзамен 36.00 (0.35)
Консультации	1		1
Контактная работа	197.35		
Общая трудоемкость час. ЗЕ	324.0 9	180 5	144 4

## 2.2. Разделы дисциплины (модуля), компетенции и индикаторы их достижения, формируемые при изучении

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Темы разделов дисциплины	Код формируемой компетенции	Коды индикаторов достижения компетенций
1	2	3	4	5
1.	Моделирование кинетики ферментативных реакций			
		Введение. Понятие физиологической кибернетики. Задачи физиологической кибернетики. Уровни организации живого организма. Иерархия структур. Принципы разделения биологической системы на подсистемы. Взаимодополняемость методов количественного описания биологических объектов. Графическое представление биохимической системы. Правила построения метаболических карт.	ПК-9	ПК-9
		Графическое представление биохимической системы. Правила записи биохимических реакций. обозначения субстратных потоков. Построение метаболической сети. Определение зависимых и независимых переменных.	ПК-9	ПК-9
		Определение скорости протекания химических реакций. Составление системы дифференциальных уравнений. Получение общего уравнения скорости протекания химических реакций с использованием метода стационарных концентраций и квазиравновесного приближения.	ПК-9	ПК-9
		Принципы моделирования проточных ферментативных реакций. Закон действующих масс. Метод стационарных концентраций. Метод квазиравновесного приближения. Метод графов.	ПК-9	ПК-9
		Исследование динамики концентрации биохимических веществ.	ПК-9	ПК-9
		Построение и исследованием имитационных моделей биохимических реакций. Имитационное моделирование. Задачи, решаемые с использованием имитационных моделей. Методология построения имитационных моделей. Настройка моделей. Интерпретация результатов моделирования.	ПК-9	ПК-9
		Моделирование ингибирования ферментативных реакций. Построение концентрационной динамики ферментативных реакций в присутствии ингибиторов (конкурентного и аллостерического).	ПК-9	ПК-9
		Построение и исследование имитационных моделей биохимических реакций.	ПК-9	ПК-9
		Использование имитационного моделирования для анализа процесса дыхания (метаболический уровень).	ПК-9	ПК-9

		Коллоквиум: Моделирование процессов, протекающих в клетках методами ферментативной кинетики с использованием стехиометрического моделирования. 1. Тест. 2. Ответ на теоретический вопрос. 3. Решение задачи.	ПК-9	ПК-9
2.	Потоковые модели биохимических процессов			
		Построение и анализ цепочек биохимических реакций. Работа с базами данных и их использование при построении метаболических цепочек. Упрощение цепочек биохимических реакций. Переход от схемы метаболической сети к уравнениям.	ПК-9	ПК-9
		Потоковое моделирование метаболических процессов (метод анализа стационарных метаболических потоков). Понятие метаболического потока. Формулировка стехиометрической модели в матричном виде. Представление стехиометрических моделей в виде системы линейных алгебраических уравнений и неравенств. Постановка задачи оптимизации для анализа стехиометрической модели. Виды целевых функций в задачах оптимизации метаболических путей. Выбор ограничений. Преимущества и недостатки стехиометрических моделей.	ПК-9, ОПК-7	ПК-9, ОПК-7
		Проблема выбора целевых функций при потоковом моделировании метаболических систем. Выбор целевой функции. Отличие видов целевых функций для описания метаболизма бактериальных клеток, клеток иммунной системы, клеток целостных органов (печени), эритроцитов, скелетных мышц. Анализ распределения метаболических потоков.	ПК-9, ОПК-7	ПК-9, ОПК-7
		Использование потокового моделирования для описания метаболических процессов. Анализ баз данных метаболических путей. Построение стехиометрической матрицы на основе метаболической цепочки. Постановка задачи линейного программирования для метаболических путей.	ПК-9	ПК-9
		Вычисление и анализ распределения стационарных метаболических потоков с использованием потоковой модели.	ПК-9, ОПК-7	ПК-9, ОПК-7
		Описание метаболических процессов, протекающих в отдельных клетках (клеточных популяциях) и органах, с использованием метода баланса стационарных метаболических потоков. Вычисление распределения субстратных потоков в бактериальных клетках, в эритроцитах, в раковых клетках; в клетках печени, в скелетных мышцах, в миокарде.	ПК-9, ОПК-7	ПК-9, ОПК-7

		Альтернативные способы моделирования процессов, происходящих в клетке. Построение канонических моделей метаболических процессов в виде GMA- и S-систем.	ПК-9	ПК-9
3.	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме			
		Принципы построения математических моделей популяционной динамики.	ПК-9	ПК-9
		Моделирование иммунного ответа организма на попадание вирусов. Математическая модель инфекционного заболевания. Построение модели. Качественный анализ модели заболевания.	ПК-9	ПК-9
		Математические модели процесса кроветворения. Модели процесса кроветворения. Модели лимфоидной, эритроидной и макрофаго-гранулоцитарной линий кроветворения. Математические модели процесса кроветворения при попадании вирусов в организм. Температурная реакция.	ПК-9	ПК-9
		Моделирование процесса кроветворения при попадании вирусов в организм.	ПК-9	ПК-9
		Составление простейших моделей динамики численности клеточных популяций.	ПК-9	ПК-9
		Принципы построения моделей биологических систем в виде блок-диаграмм.	ПК-9, ПК-14	ПК-9, ПК-14
		Построение простейших моделей развития раковой опухоли и распространения эпидемии инфекционного заболевания.	ПК-9	ПК-9
		Примеры реализации моделей сложных биологических систем в виде блок-диаграмм. Выбор переменных. Преобразование сигнала источника. Использование пороговых решающих элементов и решающих элементов типа условие. Анализ результатов моделирования.	ПК-9, ПК-14	ПК-9, ПК-14
		Построение и исследование поведения модели инфекционного заболевания при различных его формах (субклинической, острой, хронической, летальном исходе). Групповая дискуссия.	ПК-9	ПК-9
		Моделирование влияния температурной реакции организма на динамику заболевания.	ПК-9	ПК-9
		Выявление условий изменения формы течения инфекционного заболевания путем анализа его математической модели.	ПК-9	ПК-9

		Реализация простейших динамических моделей с использованием блок-диаграмм.	ПК-9, ПК-14	ПК-9, ПК-14
		Анализ поведения биологических систем путем построения их математических моделей при помощи блок-диаграмм. Составление моделей в виде систем дифференциальных уравнений. Моделирование внешних возмущающих воздействий на биологическую систему.	ПК-9, ПК-14	ПК-9, ПК-14
		Коллоквиум: моделирование процессов взаимодействия популяций. 1. Тест. 2. Ответ на теоретический вопрос. 3. Решение задачи.	ПК-9, ПК-14	ПК-9, ПК-14
4.	Математическое моделирование физиологических систем организма человека			
		Моделирование сердечно-сосудистой системы.	ПК-8	ПК-8
		Принципы построения моделей миокарда.	ПК-8	ПК-8
		Моделирование процессов и нагрузок в костях человека.	ПК-8	ПК-8
		Моделирование заболеваний сердечно-сосудистой системы.	ПК-8	ПК-8
		Моделирование переломов костей.	ПК-8	ПК-8
		Моделирование энергетического взаимодействия организма со средой.	ПК-8	ПК-8
		Регуляция и обратные связи в организме. Регуляция температуры. Регуляция артериального давления. Регуляция во время физической работы. Моделирование регуляторных процессов в организме.	ПК-8, ПК-14	ПК-8, ПК-14
		Моделирование движения жидкости через сосудистое русло.	ПК-8	ПК-8
		Анализ функционирования сердечно-сосудистой системы.	ПК-8	ПК-8
		Моделирование работы миокарда. Моделирование с использованием модели упругого резервуара. Моделирование с использованием эквивалентных моделей.	ПК-8	ПК-8
		Моделирование сердечно-сосудистых заболеваний.	ПК-8	ПК-8
		Моделирование легких и процессов дыхания.	ПК-8	ПК-8
		Моделирование процессов регуляции в организме человека.	ПК-8, ПК-14	ПК-8, ПК-14
		Коллоквиум: Математическое моделирование физиологических систем человека и взаимосвязанной работы органов.	ПК-8, ПК-14	ПК-8, ПК-14

5.	Математическое моделирование действия лекарственных веществ			
		Математический подход к изучению действия лекарственных веществ.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14
		Моделирование распада лекарственных веществ в организме. Время распада лекарственного вещества. Полупериод существования и терапевтический показатель лекарственного вещества.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14
		Построение математических моделей введение лекарственного вещества. Введение лекарственного вещества с постоянной скоростью. Импульсное введение лекарственного вещества.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14
		Определение концентрации лекарственного вещества (постоянная скорость введения) в крови с использованием математического моделирования.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14
		Определение концентрации лекарственного вещества (импульсное введение) в крови с использованием математического моделирования. Анализ имитационных моделей.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14
		Использование математической модели распада лекарственного вещества для определения дозы однократного и многократного введения препарата.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14
		Моделирование действия лекарственного вещества при пероральном введении и нанесении на кожу.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14
6.	Моделирование взаимодействия систем организма с технической средой			
		Моделирование процессов управления в перфузионных системах. Технологическая схема перфузионной системы. Функциональная схема для перфузии органов.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14
		Моделирование функционирования изолированного органа в условиях искусственного гомеостаза.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14
		Составление блок-диаграммы перфузионной установки для поддержания гомеостаза изолированных органов. Групповая дискуссия.	ПК-8, ПК-9, ПК-14	ПК-8, ПК-9, ПК-14

### 2.3. Разделы дисциплины и виды учебной деятельности

№ п/п	№ семестра	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу (в часах)					
			Л	ЛР	ПЗ	СЗ	СР	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	7	Моделирование кинетики ферментативных реакций	8		26		28	62
2.	7	Потоковые модели биохимических процессов	8		18		12	38
3.	7	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме	12		32		28	72
4.	8,7	Математическое моделирование физиологических систем организма человека	18		40		15	73
5.	8	Математическое моделирование действия лекарственных веществ	8		16		5	29
6.	8	Моделирование взаимодействия систем организма с технической средой	2		8		4	14
		Всего	56		140		92	288

## 2.4. Тематический план лекций дисциплины

4 курс

7 семестр

№ раздела	№ темы	Наименование раздела	Тема	Количество часов
1	2	3	4	5
1	1	Моделирование кинетики ферментативных реакций [2.00]	<b>Введение.</b> Понятие физиологической кибернетики. Задачи физиологической кибернетики. Уровни организации живого организма. Иерархия структур. Принципы разделения биологической системы на подсистемы. Взаимодополняемость методов количественного описания биологических объектов. Графическое представление биохимической системы. Правила построения метаболических карт. ПК-9	2
1	2	Моделирование кинетики ферментативных реакций [2.00]	<b>Принципы моделирования проточных ферментативных реакций.</b> Закон действующих масс. Метод стационарных концентраций. Метод квазиравновесного приближения. Метод графов. ПК-9	2
1	3	Моделирование кинетики ферментативных реакций [2.00]	<b>Моделирование ингибирования ферментативных реакций.</b> Конкурентное ингибирование. Аллостерическое ингибирование. Явление кооперативности. ПК-9	2
1	4	Моделирование кинетики ферментативных реакций [2.00]	<b>Построение и исследованием имитационных моделей биохимических реакций.</b> Имитационное моделирование. Задачи, решаемые с использованием имитационных моделей. Методология построения имитационных моделей. Настройка моделей. Интерпретация результатов моделирования. ПК-9	2

2	5	Потоковые модели биохимических процессов [2.00]	<p><b>Построение и анализ цепочек биохимических реакций.</b></p> <p>Работа с базами данных и их использование при построении метаболических цепочек. Упрощение цепочек биохимических реакций. Переход от схемы метаболической сети к уравнениям. ПК-9</p>	2
2	6	Потоковые модели биохимических процессов [2.00]	<p><b>Потоковое моделирование метаболических процессов (метод анализа стационарных метаболических потоков).</b></p> <p>Понятие метаболического потока. Формулировка стехиометрической модели в матричном виде. Представление стехиометрических моделей в виде системы линейных алгебраических уравнений и неравенств. Постановка задачи оптимизации для анализа стехиометрической модели. Виды целевых функций в задачах оптимизации метаболических путей. Выбор ограничений. Преимущества и недостатки стехиометрических моделей. ПК-9,ОПК-7</p>	2
2	7	Потоковые модели биохимических процессов [2.00]	<p><b>Проблема выбора целевых функций при потоковом моделировании метаболических систем.</b></p> <p>Выбор целевой функции. Отличие видов целевых функций для описания метаболизма бактериальных клеток, клеток иммунной системы, клеток целостных органов (печени), эритроцитов, скелетных мышц. Анализ распределения метаболических потоков. ПК-9,ОПК-7</p>	2
2	8	Потоковые модели биохимических процессов [2.00]	<p><b>Альтернативные способы моделирования процессов, происходящих в клетке.</b></p> <p>Metabolic Flux Analysis (MFA) - метаболический анализ потоков. Metabolic Pathway Analysis (MPA) - анализ метаболических путей. Dynamic Flux Balance Analysis (dFBA) - динамический анализ стационарных метаболических потоков. Канонические модели. Булевы сети. Байесовы сети. Сети Петри. Клеточные автоматы. ПК-9</p>	2
3	9	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [2.00]	<p><b>Принципы построения математических моделей популяционной динамики.</b></p> <p>ПК-9</p>	2

3	10	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [2.00]	<b>Моделирование иммунного ответа организма на попадание вирусов.</b>  Математическая модель инфекционного заболевания. Построение модели. Качественный анализ модели заболевания. ПК-9	2
3	11	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [2.00]	<b>Математические модели процесса кроветворения.</b>  Модели процесса кроветворения. Модели лимфоидной, эритроидной и макрофаго-гранулоцитарной линий кроветворения. Математические модели процесса кроветворения при попадании вирусов в организм. Температурная реакция. ПК-9	2
3	12	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [2.00]	<b>Моделирование процесса кроветворения при попадании вирусов в организм.</b>  ПК-9	2
3	13	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [2.00]	<b>Принципы построения моделей биологических систем в виде блок-диаграмм.</b>  ПК-9,ПК-14	2
3	14	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [2.00]	<b>Примеры реализации моделей сложных биологических систем в виде блок-диаграмм.</b>  Выбор переменных. Преобразование сигнала источника. Использование пороговых решающих элементов и решающих элементов типа условие. Анализ результатов моделирования. ПК-9,ПК-14	2
4	15	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Моделирование процессов и нагрузок в костях человека.</b>  Эластичность ткани тела человека (кости, связки, хрящи). Моделирование изгиба кости. Вязкоэластичность костей. ПК-8	2
4	16	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Моделирование переломов костей.</b>  Виды внезапного перелома костей. Моделирование перелома кости при изгибе. Выпучивание Эйлера. Модели переломов, случающихся в результате длительного перенапряжения. защита от переломов. ПК-8	2

4	17	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Моделирование энергетического взаимодействия организма со средой.</b> ПК-8	2
4	18	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Моделирование движения жидкости через сосудистое русло.</b> ПК-8	2
			<b>Всего за семестр</b>	<b>36</b>
			<b>Всего часов</b>	<b>56</b>

**4 курс**

**8 семестр**

№ раздела	№ темы	Наименование раздела	Тема	Количество часов
1	2	3	4	5
4	19	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Моделирование сердечно-сосудистой системы.</b> ПК-8	2
4	20	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Принципы построения моделей миокарда.</b> ПК-8	2
4	21	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Моделирование заболеваний сердечно-сосудистой системы.</b> ПК-8	2
4	22	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Моделирование легких и процессов дыхания.</b> ПК-8	2

4	23	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Регуляция и обратные связи в организме.</b> Регуляция температуры. Регуляция артериального давления. Регуляция во время физической работы. Моделирование регуляторных процессов в организме. ПК-8,ПК-14	2
5	24	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [2.00]	<b>Математический подход к изучению действия лекарственных веществ.</b> ПК-8,ПК-9,ПК-14	2
5	25	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [2.00]	<b>Моделирование распада лекарственных веществ в организме.</b> Время распада лекарственного вещества. Полупериод существования и терапевтический показатель лекарственного вещества. ПК-8,ПК-9,ПК-14	2
5	26	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [2.00]	<b>Построение математических моделей введение лекарственного вещества.</b> Введение лекарственного вещества с постоянной скоростью. Импульсное введение лекарственного вещества. ПК-8,ПК-9,ПК-14	2
5	27	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [2.00]	<b>Моделирование действия лекарственного вещества при пероральном введении и нанесении на кожу.</b> ПК-8,ПК-9,ПК-14	2
6	28	Моделирование взаимодействия систем организма с технической средой [2.00]	<b>Моделирование процессов управления в перфузионных системах.</b> Технологическая схема перфузионной системы. Функциональная схема для перфузии органов. ПК-8,ПК-9,ПК-14	2
			<b>Всего за семестр</b>	<b>20</b>
			<b>Всего часов</b>	<b>56</b>

## 2.5. Тематический план практических/семинарских занятий

## 2.5.1. Тематический план практических занятий

4 курс

7 семестр

№ раздела	№ темы	Наименование раздела	Тема	Количество часов
1	2	3	4	5
1	1	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Графическое представление биохимической системы.</b> Правила записи биохимических реакций. обозначения субстратных потоков. Построение метаболической сети. Определение зависимых и независимых переменных. ПК-9	4
1	2	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Определение скорости протекания химических реакций.</b> Составление системы дифференциальных уравнений. Получение общего уравнения скорости протекания химических реакций с использованием метода стационарных концентраций и квазиравновесного приближения. ПК-9	4
1	3	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Исследование динамики концентрации биохимических веществ.</b>  ПК-9	4
1	4	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Моделирование ингибирования ферментативных реакций.</b> Построение концентрационной динамики ферментативных реакций в присутствии ингибиторов (конкурентного и аллостерического). ПК-9	4
1	5	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Построение и исследование имитационных моделей биохимических реакций.</b>  ПК-9	4

1	6	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Использование имитационного моделирования для анализа процесса дыхания (метаболический уровень).</b>  ПК-9	4
2	7	Потоковые модели биохимических процессов [4.00]	<b>Использование потокового моделирования для описания метаболических процессов.</b>  Анализ баз данных метаболических путей. Построение стехиометрической матрицы на основе метаболической цепочки. Постановка задачи линейного программирования для метаболических путей. ПК-9	4
2	8	Потоковые модели биохимических процессов [4.00]	<b>Вычисление и анализ распределения стационарных метаболических потоков с использованием потоковой модели.</b>  ПК-9,ОПК-7	4
2	9	Потоковые модели биохимических процессов [4.00]	<b>Описание метаболических процессов, протекающих в отдельных клетках (клеточных популяциях) и органах, с использованием метода баланса стационарных метаболических потоков.</b>  Вычисление распределения субстратных потоков в бактериальных клетках, в эритроцитах, в раковых клетках; в клетках печени, в скелетных мышцах, в миокарде. ПК-9,ОПК-7	4
2	10	Потоковые модели биохимических процессов [4.00]	<b>Альтернативные способы моделирования процессов, происходящих в клетке.</b>  Построение канонических моделей метаболических процессов в виде GMA- и S-систем. ПК-9	4
1,2	11	Моделирование кинетики ферментативных реакций [2.00] Потоковые модели биохимических процессов [2.00]	<b>Коллоквиум: Моделирование процессов, протекающих в клетках методами ферментативной кинетики с использованием стехиометрического моделирования.</b>  1. Тест. 2. Ответ на теоретический вопрос. 3. Решение задачи. ПК-9	4

3	12	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Составление простейших моделей динамики численности клеточных популяций.</b> ПК-9	4
3	13	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Построение простейших моделей развития раковой опухоли и распространения эпидемии инфекционного заболевания.</b> ПК-9	4
3	14	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Построение и исследование поведения модели инфекционного заболевания при различных его формах (субклинической, острой, хронической, летальном исходе). Групповая дискуссия.</b> (В интерактивной форме) ПК-9	4
3	15	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Моделирование влияния температурной реакции организма на динамику заболевания.</b> ПК-9	4
3	16	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Выявление условий изменения формы течения инфекционного заболевания путем анализа его математической модели.</b> ПК-9	4
3	17	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Реализация простейших динамических моделей с использованием блок-диаграмм.</b> ПК-9,ПК-14	4
3	18	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Анализ поведения биологических систем путем построения их математических моделей при помощи блок-диаграмм.</b> Составление моделей в виде систем дифференциальных уравнений. Моделирование внешних возмущающих воздействий на биологическую систему. ПК-9,ПК-14	4

3	19	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Коллоквиум: моделирование процессов взаимодействия популяций.</b> 1. Тест. 2. Ответ на теоретический вопрос. 3. Решение задачи. ПК-9,ПК-14	4
			<b>Всего за семестр</b>	<b>76</b>
			<b>Всего часов</b>	<b>140</b>

#### 4 курс

#### 8 семестр

№ раздела	№ темы	Наименование раздела	Тема	Количество часов
1	2	3	4	5
4	20	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Моделирование процессов и нагрузок в костях человека.</b> ПК-8	4
4	21	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Моделирование переломов костей.</b> ПК-8	4
4	22	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Моделирование энергетического взаимодействия организма со средой.</b> ПК-8	4
4	23	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Моделирование движения жидкости через сосудистое русло.</b> ПК-8	4
4	24	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Анализ функционирования сердечно-сосудистой системы.</b> ПК-8	4

4	25	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Моделирование работы миокарда.</b> Моделирование с использованием модели упругого резервуара. Моделирование с использованием эквивалентных моделей. ПК-8	4
4	26	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Моделирование сердечно-сосудистых заболеваний.</b> ПК-8	4
4	27	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Моделирование легких и процессов дыхания.</b> ПК-8	4
4	28	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Моделирование процессов регуляции в организме человека.</b> ПК-8,ПК-14	4
4	29	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Коллоквиум: Математическое моделирование физиологических систем человека и взаимосвязанной работы органов.</b> ПК-8,ПК-14	4
5	30	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [4.00]	<b>Определение концентрации лекарственного вещества (постоянная скорость введения) в крови с использованием математического моделирования.</b> ПК-8,ПК-9,ПК-14	4
5	31	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [4.00]	<b>Определение концентрации лекарственного вещества (импульсное введение) в крови с использованием математического моделирования. Анализ имитационных моделей.</b> (В интерактивной форме) ПК-8,ПК-9,ПК-14	4

5	32	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [4.00]	<b>Использование математической модели распада лекарственного вещества для определения дозы однократного и многократного введения препарата.</b>  ПК-8,ПК-9,ПК-14	4
5	33	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [4.00]	<b>Моделирование действия лекарственного вещества при пероральном введении и нанесении на кожу.</b>  ПК-8,ПК-9,ПК-14	4
6	34	Моделирование взаимодействия систем организма с технической средой [4.00]	<b>Моделирование функционирования изолированного органа в условиях искусственного гомеостаза.</b>  ПК-8,ПК-9,ПК-14	4
6	35	Моделирование взаимодействия систем организма с технической средой [4.00]	<b>Составление блок-диаграммы перфузионной установки для поддержания гомеостаза изолированных органов. Групповая дискуссия. (В интерактивной форме)</b>  ПК-8,ПК-9,ПК-14	4
			<b>Всего за семестр</b>	<b>64</b>
			<b>Всего часов</b>	<b>140</b>

### 2.5.2. Тематический план семинарских занятий

Данный вид работы учебным планом не предусмотрен

### 2.6. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы учебным планом не предусмотрен

### 2.7. Контроль самостоятельной работы

**Данный вид работы учебным планом не предусмотрен**

**2.8. Самостоятельная работа**  
**2.8.1. Виды самостоятельной работы**

**4 курс**  
**7 семестр**

№ раздела	№ темы	Наименование раздела	Тема	Вид самост. работы	Количество часов
1	2	3	4	5	6
1	1	Моделирование кинетики ферментативных реакций [3.00]	<b>Графическое представление биохимической системы.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [3.00]	3
1	2	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Определение скорости протекания химических реакций.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [4.00]	4
1	3	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Исследование динамики концентрации биохимических веществ.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [4.00]	4
1	4	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Моделирование ингибирования ферментативных реакций.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [4.00]	4
1	5	Моделирование кинетики ферментативных реакций [3.00]	<b>Построение и исследованием имитационных моделей биохимических реакций.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [3.00]	3

1	6	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Использование имитационного моделирования для анализа процесса дыхания (метаболический уровень).</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [4.00]	4
2	7	Потоковые модели биохимических процессов [3.00]	<b>Использование потокового моделирования для описания метаболических процессов.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [3.00]	3
1	8	Моделирование кинетики ферментативных реакций [4.00]	<b>Вычисление и анализ распределения стационарных метаболических потоков с использованием потоковой модели.</b>  ПК-9,ОПК-7	Подготовка к занятиям [4.00]	4
2	9	Потоковые модели биохимических процессов [3.00]	<b>Описание метаболических процессов, протекающих в отдельных клетках (клеточных популяциях) и органах, с использованием метода баланса стационарных метаболических потоков.</b>  ПК-9,ОПК-7	Подготовка к занятиям [3.00]	3
2	10	Потоковые модели биохимических процессов [3.00]	<b>Альтернативные способы моделирования процессов, происходящих в клетке.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [3.00]	3
1,2	11	Моделирование кинетики ферментативных реакций [2.00] Потоковые модели биохимических процессов [3.00]	<b>Моделирование процессов, протекающих в клетках методами ферментативной кинетики с использованием стехиометрического моделирования.</b>  ПК-9	Подготовка к текущему контролю [5.00]	5
3	12	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [3.00]	<b>Составление простейших моделей динамики численности клеточных популяций.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [3.00]	3

3	13	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [3.00]	<b>Построение простейших моделей развития раковой опухоли и распространения эпидемии инфекционного заболевания.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [3.00]	3
3	14	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [3.00]	<b>Построение и исследование поведения модели инфекционного заболевания при различных его формах (субклинической, острой, хронической, летальном исходе).</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [3.00]	3
3	15	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Моделирование влияния температурной реакции организма на динамику заболевания.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [4.00]	4
3	16	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [3.00]	<b>Выявление условий изменения формы течения инфекционного заболевания путем анализа его математической модели.</b>  ПК-9	Подготовка к занятиям [3.00]	3
3	17	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [3.00]	<b>Реализация простейших динамических моделей с использованием блок-диаграмм.</b>  ПК-9,ПК-14	Подготовка к занятиям [3.00]	3
3	18	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [4.00]	<b>Анализ поведения биологических систем путем построения их математических моделей при помощи блок-диаграмм.</b>  ПК-9,ПК-14	Подготовка к занятиям [4.00]	4
3	19	Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме [5.00]	<b>Коллоквиум: моделирование процессов взаимодействия популяций.</b>  ПК-9,ПК-14	Подготовка к текущему контролю [5.00]	5

			<b>Всего за семестр</b>		<b>68</b>
			<b>Всего часов</b>		<b>92</b>

**4 курс**  
**8 семестр**

<b>№ раздела</b>	<b>№ темы</b>	<b>Наименование раздела</b>	<b>Тема</b>	<b>Вид самост. работы</b>	<b>Количество часов</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
4	20	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [1.00]	<b>Моделирование процессов и нагрузок в костях человека.</b> ПК-8	Подготовка к занятиям [1.00]	1
4	21	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Моделирование переломов костей.</b> ПК-8	Подготовка к занятиям [2.00]	2
4	22	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [1.00]	<b>Моделирование энергетического взаимодействия организма со средой.</b> ПК-8	Подготовка к занятиям [1.00]	1
4	23	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [1.00]	<b>Моделирование движения жидкости через сосудистое русло.</b> ПК-8	Подготовка к занятиям [1.00]	1
4	24	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [1.00]	<b>Анализ функционирования сердечно-сосудистой системы.</b> ПК-8	Подготовка к занятиям [1.00]	1

4	25	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [1.00]	<b>Моделирование работы миокарда.</b> ПК-8	Подготовка к занятиям [1.00]	1
4	26	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [2.00]	<b>Моделирование сердечно-сосудистых заболеваний.</b> ПК-8	Подготовка к занятиям [2.00]	2
4	27	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [1.00]	<b>Моделирование легких и процессов дыхания.</b> ПК-8	Подготовка к занятиям [1.00]	1
4	28	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [1.00]	<b>Моделирование процессов терморегуляции и регуляции артериального давления.</b> ПК-8,ПК-14	Подготовка к занятиям [1.00]	1
4	29	Математическое моделирование физиологических систем организма человека [4.00]	<b>Математическое моделирование физиологических систем человека и взаимосвязанной работы органов.</b> ПК-8,ПК-14	Подготовка к текущему контролю [4.00]	4
5	30	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [1.00]	<b>Определение концентрации лекарственного вещества (постоянная скорость введения) в крови с использованием математического моделирования.</b> ПК-8,ПК-9,ПК-14	Подготовка к занятиям [1.00]	1
5	31	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [1.00]	<b>Определение концентрации лекарственного вещества (импульсное введение) в крови с использованием математического моделирования.</b> ПК-8,ПК-9,ПК-14	Подготовка к занятиям [1.00]	1

5	32	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [1.00]	<b>Использование математической модели распада лекарственного вещества для определения дозы однократного и многократного введения препарата.</b>  ПК-8,ПК-9,ПК-14	Подготовка к занятиям [1.00]	1
5	33	Математическое моделирование действия лекарственных веществ [2.00]	<b>Моделирование действия лекарственного вещества при пероральном введении и нанесении на кожу.</b>  ПК-8,ПК-9,ПК-14	Подготовка к занятиям [2.00]	2
6	34	Моделирование взаимодействия систем организма с технической средой [2.00]	<b>Моделирование функционирования изолированного органа в условиях искусственного гомеостаза.</b>  ПК-8,ПК-9,ПК-14	Подготовка к занятиям [2.00]	2
6	35	Моделирование взаимодействия систем организма с технической средой [2.00]	<b>Составление блок-диаграммы перфузионной установки для поддержания гомеостаза изолированных органов.</b>  ПК-8,ПК-9,ПК-14	Подготовка к занятиям [2.00]	2
			<b>Всего за семестр</b>		<b>24</b>
			<b>Всего часов</b>		<b>92</b>

## 2.8.2. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Вид носителя (электронный/бумажный)
1	2	3
1	Виноградов К.А., Наркевич А.Н., Шадрин К.В. Физиологическая кибернетика : фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика (очная форма обучения). - Красноярск : КрасГМУ, 2018. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://krasgmu.ru/umu/printing/12922_fiziol.kib._zampdf">https://krasgmu.ru/umu/printing/12922_fiziol.kib._zampdf</a>	ЭБС КрасГМУ
2	Физиологическая кибернетика : сборник методических указаний для обучающихся к внеаудиторной (самостоятельной) работе по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика (очная форма обучения) / сост. К. А. Виноградов, А. Н. Наркевич, К. В. Шадрин ; Красноярский медицинский университет. - Красноярск : КрасГМУ, 2017. - Текст : электронный. - URL: <a href="http://krasgmu.ru/index.php?page[org]=o_umkd_metod&amp;umkd_id=4131&amp;metod_type=0&amp;metod_class=2&amp;tids=296316,296317,296318,296319,296320,296321,296322,296324,296323,296325,296326,296327,296328,296329,296330,296334,296331,296332,296335,296336,296337,296338,296339,296340,296341,296344,296342,296345,296346,296347,296348,296350,296343,296349,296351&amp;pdf=0">http://krasgmu.ru/index.php?page[org]=o_umkd_metod&amp;umkd_id=4131&amp;metod_type=0&amp;metod_class=2&amp;tids=296316,296317,296318,296319,296320,296321,296322,296324,296323,296325,296326,296327,296328,296329,296330,296334,296331,296332,296335,296336,296337,296338,296339,296340,296341,296344,296342,296345,296346,296347,296348,296350,296343,296349,296351&amp;pdf=0</a>	ЭБС КрасГМУ
3	Физиологическая кибернетика : сборник методических рекомендаций для преподавателя к практическим занятиям по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика (очная форма обучения) / сост. К. А. Виноградов, А. Н. Наркевич, К. В. Шадрин ; Красноярский медицинский университет. - Красноярск : КрасГМУ, 2017. - Текст : электронный. - URL: <a href="http://krasgmu.ru/index.php?page[org]=o_umkd_metod&amp;umkd_id=4131&amp;metod_type=0&amp;metod_class=0&amp;tids=296316,296317,296318,296319,296320,296321,296322,296324,296323,296325,296326,296327,296328,296329,296330,296334,296331,296332,296335,296336,296337,296338,296339,296340,296341,296344,296342,296345,296346,296347,296348,296350,296343,296349,296351&amp;pdf=0">http://krasgmu.ru/index.php?page[org]=o_umkd_metod&amp;umkd_id=4131&amp;metod_type=0&amp;metod_class=0&amp;tids=296316,296317,296318,296319,296320,296321,296322,296324,296323,296325,296326,296327,296328,296329,296330,296334,296331,296332,296335,296336,296337,296338,296339,296340,296341,296344,296342,296345,296346,296347,296348,296350,296343,296349,296351&amp;pdf=0</a>	ЭБС КрасГМУ
4	Физиологическая кибернетика : сборник методических указаний для обучающихся к практическим занятиям по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика (очная форма обучения) / сост. К. А. Виноградов, А. Н. Наркевич, К. В. Шадрин ; Красноярский медицинский университет. - Красноярск : КрасГМУ, 2017. - Текст : электронный. - URL: <a href="http://krasgmu.ru/index.php?page[org]=o_umkd_metod&amp;umkd_id=4131&amp;metod_type=0&amp;metod_class=1&amp;tids=296316,296317,296318,296319,296320,296321,296322,296324,296323,296325,296326,296327,296328,296329,296330,296334,296331,296332,296335,296336,296337,296338,296339,296340,296341,296344,296342,296345,296346,296347,296348,296350,296343,296349,296351&amp;pdf=0">http://krasgmu.ru/index.php?page[org]=o_umkd_metod&amp;umkd_id=4131&amp;metod_type=0&amp;metod_class=1&amp;tids=296316,296317,296318,296319,296320,296321,296322,296324,296323,296325,296326,296327,296328,296329,296330,296334,296331,296332,296335,296336,296337,296338,296339,296340,296341,296344,296342,296345,296346,296347,296348,296350,296343,296349,296351&amp;pdf=0</a>	ЭБС КрасГМУ

## 2.9. Оценочные средства, в том числе для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 2.9.1. Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

7 семестр					
			Оценочные средства		
№ п/п	Виды контроля	Наименование раздела дисциплины	Форма	Кол-во вопросов в задании	Кол-во независимых вариантов
1	2	3	4	5	6
1	Для входного контроля				
		Моделирование кинетики ферментативных реакций			
			Тесты	10	1
2	Для текущего контроля				
		Моделирование кинетики ферментативных реакций			
			Вопросы по теме занятия	7 - 9	1
			Задачи	3 - 5	3
			Тесты	10 - 30	1
		Потоковые модели биохимических процессов			
			Вопросы по теме занятия	8	1
			Задачи	2 - 3	4
			Тесты	10 - 20	1
		Математическое моделирование процесса развития инфекционного заболевания и систем клеточных популяций, взаимодействующих в организме			
			Вопросы по теме занятия	8	1
			Задачи	2 - 6	1
			Тесты	10 - 20	1
3	Для промежуточного контроля				

8 семестр	
Оценочные средства	

<b>№ п/п</b>	<b>Виды контроля</b>	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Форма</b>	<b>Кол-во вопросов в задании</b>	<b>Кол-во независимых вариантов</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1	Для входного контроля				
2	Для текущего контроля				
		Математическое моделирование физиологических систем организма человека			
			Вопросы по теме занятия	5 - 8	1
			Задачи	3 - 7	2
			Тесты	10 - 20	1
		Математическое моделирование действия лекарственных веществ			
			Вопросы по теме занятия	6	1
			Задачи	3 - 5	1
			Тесты	10 - 20	1
		Моделирование взаимодействия систем организма с технической средой			
			Вопросы по теме занятия	6	1
			Задачи	2	1
			Тесты	15	1
3	Для промежуточного контроля				
			Вопросы к экзамену	1	28
			Задачи	2	28
			Тесты	25	1

## 2.9.2. Примеры оценочных средств

### Входной контроль

#### Тесты

1. **КАКОЙ ТИП ИНГИБИРОВАНИЯ СНИМАЕТСЯ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ СУБСТРАТА?**

1) конкурентное

2) неконкурентное

3) обыкновенное

4) аллостерическое

Правильный ответ: 1

ПК-9

2. **КАКОЙ ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ИМЕЕТ ПЕРВАЯ ПРОИЗВОДНАЯ ОТ КООРДИНАТЫ?**

1) скорость

2) ускорение

3) константа

4) обратная координата

Правильный ответ: 1

ПК-8

3. **КАКОЙ ИЗ НИЖЕ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ КАНАЛОВ НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ПОТЕНЦИАЛ ЗАВИСИМЫМ?**

1) рецептор глицина

2)  $Ca^{2+}$

3)  $K^{+}$

4)  $Na^{+}$

Правильный ответ: 1

ПК-9

### Текущий контроль

#### Вопросы по теме занятия

1. **Что такое стехиометрическая матрица?**

1) Это матрица, которая включает в себя информацию о стехиометрии реакций клеточного метаболизма. Строки и столбцы матрицы связаны с балансом метаболитов и метаболическими потоками соответственно.

ПК-9 , ОПК-7

## **2. Что такое основной обмен? Какие законы масштабирования основного обмена Вы знаете?**

1) Основной обмен - это минимальное количество энергии, которое необходимо бодрствующему человеку в течение дня. Наиболее используемые законы масштабирования основного обмена - закон Клейбера (зависит от массы человека в степени  $3/4$ ) и закон Харриса-Бенедикта (различен для мужчин и женщин, а также учитывает возраст и антропометрические характеристики тела).

ПК-8 , ПК-9

## **3. Какие компартменты обычно рассматривают при моделировании действия лекарственных веществ на организм?**

1) Обычно рассматривают два компартмента: крови и ткани. Задача - определить концентрацию вещества в ткани, зная скорость введения препарата в крови и транспортные функции крови и ткани.

ПК-8 , ПК-9 , ПК-14

### **Задачи**

1. Человек лежит на спине, а его крупная артерия повреждена и кровь бьет вертикально. На какую высоту поднимется столб крови?

1) 1.26 м

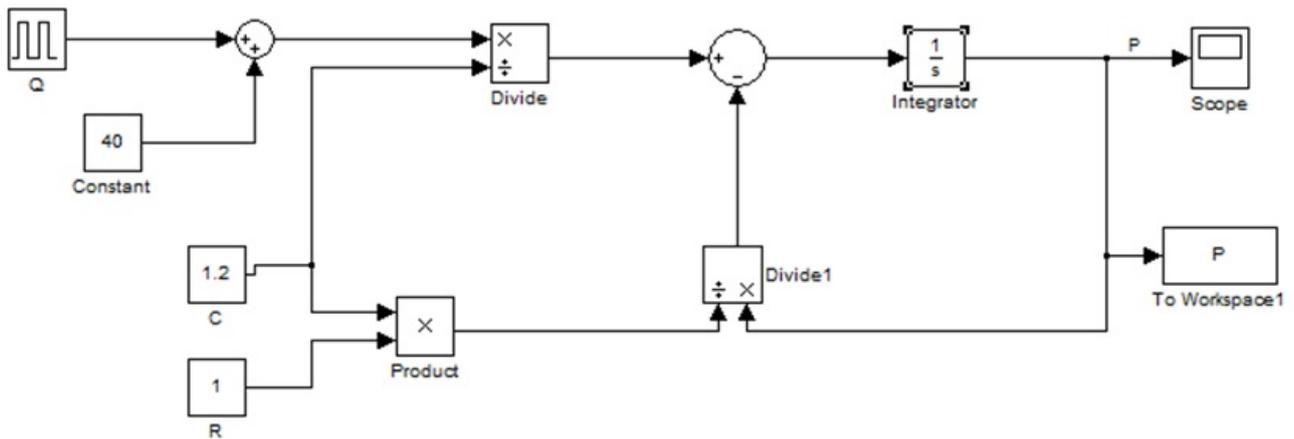
ПК-8

2. Построить модель роста раковой опухоли по Бергаланфи с учетом следующих предположений: 1) скорость роста опухоли равна разнице между скоростями анаболизма и катаболизма; 2) скорость вырождения опухоли пропорциональна объему опухоли; 3) прирост объема опухоли ограничен ее способностью к дыханию и питанию. 4) форма опухоли не изменяется, и, таким образом, скорость роста (опухоль имеет сферическую форму) пропорциональна объему опухоли в степени  $2/3$ .

1)  $dV/dt = a \cdot V^{2/3} - b \cdot V$

ПК-9

3. Построить в виде блок-схемы двухэлементную модель гемодинамики.



1) См. рисунок

ПК-8 , ПК-14

### Тесты

**1. ТОЧКА НА МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ КАРТЕ, ГДЕ ВЕЩЕСТВО МОЖЕТ ПРЕВРАТИТЬСЯ В ОДНО ИЗ ДВУХ ВЕЩЕСТВ, НАЗЫВАЕТСЯ**

**1) точка ветвления**

2) особая точка

3) неопределенная точка

4) точка минимакса

Правильный ответ: 1

ПК-9

**2. ФОРМА ИНФЕКЦИОННОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ, ПРИ КОТОРОЙ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БУДЕТ ПОКАЗЫВАТЬ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИИ ВИРУСОВ, - ЭТО**

**1) хронической**

2) острой

3) при летальном исходе

4) субклинической

Правильный ответ: 1

ПК-9

**3. ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПУТИ В ТЕРМИНАХ ХИМИЧЕСКИХ СТРУКТУР, ЯВЛЯЮЩЕЕСЯ БОЛЕЕ ГИБКИМ И УДОБНЫМ В ПЛАНЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ БИОХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, ЧЕМ, НАПРИМЕР, СЛОВЕСНОЕ ОПИСАНИЕ, НАЗЫВАЕТСЯ**

**1) метаболическая карта**

- 2) точка ветвления
- 3) биохимическая реакция
- 4) закон действующих масс

Правильный ответ: 1

ПК-9

## Промежуточный контроль

### Вопросы к экзамену

#### 1. Метод баланса стационарных метаболических потоков.

1) Для описания распределения потоков в различных биологических системах (особенно для описания метаболических сетей) часто используют оптимизационный метод математического моделирования Flux Balance Analysis (FBA). В нем используется линейная оптимизация для того, чтобы определить распределение потоков реакций в стационарном состоянии, максимизируя целевую функцию (например, образование АТФ или скорость роста). FBA подразумевает проведение steady state анализа, используя стехиометрическую матрицу для описания интересующей исследователя системы. Важное предположение, что клетка или организм функционирует оптимально в соответствии своей метаболической функцией, такой как максимизация биомассы или минимизация использования внутренних ресурсов. После определения целевой функции происходит решение системы уравнений, чтобы получить распределение потоков. Это распределение потоков затем используются для того, чтобы выявить метаболический потенциал системы. FBA включает в себя четыре этапа: 1) определение системы; 2) получение стехиометрии реакции; 3) определение биологически соответствующей целевой функции и добавление других биохимических ограничений; 4) оптимизация. Чтобы определить систему, необходимо перечислить отдельные реакции и метаболиты, которые участвуют в рассматриваемом процессе. Также необходимо учесть и транспорт реакций, и внешние метаболиты, которые обеспечивают приток вещества с систему, например, источники углерода для роста, кофакторы и т.д. Далее, динамический баланс массы метаболической системы описывается с помощью стехиометрической матрицы  $S$ , связывающей скорость потока ферментативных реакций,  $v$ , со скоростью изменения концентрации метаболитов,  $x$  как  $dx/dt = S \cdot v$ , где  $v = [v_1, v_2, \dots, v_n, b_1, b_2, \dots, b_{n\_ext}]$ ,  $v_i$  означает внутренние потоки,  $b_i$  представляет обменные потоки с окружающей средой,  $n_i$  - число внутренних метаболитов и  $n\_ext$  - число внешних метаболитов в системе. В стационарном состоянии  $dx/dt = S \cdot v = 0$ . Поэтому, требуемое распределение потоков принадлежит нулевому пространству. Поскольку в системе реакций больше, чем метаболитов, система является недоопределенной, что требует введения дополнительных ограничений для получения значимых решений стационарного распределения потоков. В общем, ограничения могут быть четырех типов: физико-химические; пространственные или топологические; ограничения, зависящие от условий окружающей среды и регуляторные. Дополнительные ограничения налагаются определением нижней и верхней их границ. Например, нижние и верхние границы потоков могут быть определены следующим образом:  $0 < v_i < \infty$ ,  $-\infty < b_i < \infty$ , при этом требуется, чтобы все внутренние необратимые реакции были положительными, а реакции обмена с окружающей средой могли протекать в обоих направлениях. Учитывая, что измерение потоков является довольно трудоемкой задачей, систему можно решить предполагая, что недоопределенная метаболическая система оптимизирована по отношению к определенной цели. Это позволяет сформулировать задачу идентификации недоопределенной системы как оптимизационную задачу. Следующим важнейшим шагом является определение целевой функции, которая захватывает

биохимическую цель самой системы. Линейная целевая функция требует постановки задачи линейного программирования:  $\max(c^T \cdot v)$  при  $S \cdot v = 0$ , где  $c$  является вектором целевой функции.

ПК-9, ОПК-7

## 2. Метаболические карты.

1) Элементы метаболических карт 1. Компоненты или пул компонентов системы. 2. Стрелки, указывающие поток вещества. 3. Стрелки, указывающие на потоки информации или сигналов. Общая стратегия анализа биохимической системы 1. Записать компоненты или пулы компонентов, которые влияют на систему. 2. Перечислить все взаимодействия между этими компонентами и всеми модуляторами, с помощью которых компоненты влияют на систему. 3. Организовать компоненты, пулы, взаимодействия и модуляторы в виде карты. 4. Перевести карту в термины математических символов и уравнений. 5. Провести анализ этих уравнений. 6. Интерпретировать результаты. Как правило, изменяются во время эксперимента независимые переменные, переменные, представляющие компоненты системы или пула компонентов, которые сами по себе не зависят от поведения системы. Как правило, независимые переменные постоянны в течение сколь угодно данного времени эксперимента или они изменяются таким образом, что находится под контролем экспериментатора. Параметры величины с постоянным числовым значением, которые являются количественным свойством системы. Правила построения собственных метаболических карт Правильное построение метаболических карт включает в себя перечень всех соответствующих компонентов, перечисление процессов, и графическое изображение компонентов и процессов. 1. Составление списка всех компонентов или пула компонентов, которые влияют на систему. 2. Перечисление всех взаимодействий и превращений. 3. Изображение компонентов, взаимодействий, превращений и модуляций в виде метаболической карты. Примеры карты гликолиза Метаболической ролью глюкозы в клетках млекопитающих является обеспечение потенциальной химической энергией, которая используется для синтеза АТФ. Гликолиз очень хорошо описаны в журналах и учебниках, поэтому мы можем конструировать карту без предъявления много деталей. Первая задача является выявление зависимых и независимых переменных и присвоения им символьных имен. На этом шаге принимается решение о том, какие компоненты остаются в модели и подлежит дальнейшему анализу, а какие вещества постоянные или игнорируются. Запишем словарь для системы: Зависимые переменные:  $X_1$  = глюкозо-1-фосфат  $X_2$  = глюкозо-6-фосфат  $X_3$  = фруктоза-6-фосфат  $X_4$  =  $P_i$  Независимые переменные:  $X_5$  = Глюкоза  $X_6$  = фосфоорилазы  $X_7$  = фосфоглюкомутаза  $X_8$  = фосфоглюкоизомераза  $X_9$  = Фосфоглюкокиназа  $X_{10}$  = Глюкокиназа  $X_{11}$  = Гликоген Все компоненты расположены в карте и соединены стрелками. Этот процесс довольно прост, за исключением того, что мы должны решить, какие из преобразований следует рассматривать по существу необратимым и которые должны быть смоделированы как двунаправленный.

ПК-9

## 3. Математический подход к действию лекарственных веществ на организм.

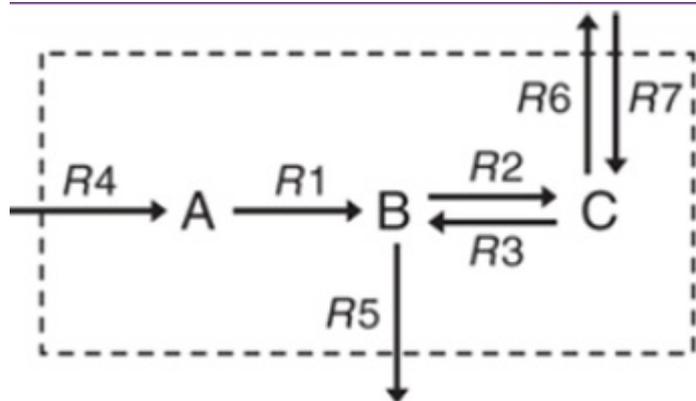
1) Лекарственные препараты не являются обычными метаболитами, потребляемыми или продуцируемыми организмом. Однако непосредственно или опосредованно они в значительной мере влияют на метаболические процессы. Действие лекарственного препарата обычно состоит в участии в некоторых местных или общих процессах метаболизма. Существует два подхода к описанию процессов в органе-мишени. Spatially distributed model - рассматривают орган-мишень, как пространственно неоднородную структуру (для исследования влияния феномена районирования (различного действия ферментов вдоль сосуда) на метаболизм). Spatially lumped model - рассматривают орган, как целостную структуру (более предпочтительна). Обычно рассматривают два компартмента: крови и ткани. Задача - найти скорость введения

лекарственного препарата, при которой его концентрация в ткани будет достаточной для достижения терапевтического эффекта. Обычно используют такие переменные как: скорость введения препарата ( $v$ ), общее количество препарата в крови ( $x$ ), общее количество препарата в ткани ( $y$ ),  $V_1$  и  $V_2$  - объем крови и ткани, соответственно. Обозначим через  $h$  коэффициент распределения лекарственного препарата между кровью и тканью и через  $h$  проницаемость мембраны, отделяющей кровь от ткани. Тогда скорость проникновения из крови в ткань на квадратный сантиметр в секунду будет равна  $h \cdot (c_1 - g \cdot c_2)$ . Где  $c_1$  и  $c_2$  - концентрации лекарства в крови и ткани, соответственно. Если  $c_1 = g \cdot c_2$ , то концентрации равновесны и поток через мембрану отсутствует. При общей площади мембраны  $S$  суммарный поток из крови в ткань в секунду выразится следующим образом:  $S \cdot h \cdot (c_1 - g \cdot c_2)$  Данная формула представляет собой выражение скорости перехода лекарственного препарата из крови в ткань. Однако, вообще говоря, лекарственный препарат может в крови подвергаться распаду. Рассмотрим простейший случай, считая, что скорость распада препарата пропорциональна его концентрации  $c_2$ . Найдем скорость распада на кубический сантиметр в секунду. Обозначим через  $k'$  положительную постоянную; тогда скорость распада на кубический сантиметр в секунду будет  $k' \cdot c_1$ . Общая скорость исчезновения препарата из крови, обусловленная распадом, будет равна  $k' \cdot c_1 \cdot V_1$ . Рассуждая далее аналогичным образом, получим  $dx/dt = v - k' \cdot (x - g \cdot V_1/V_2) - k' \cdot y$ ;  $dy/dt = k' \cdot (x - g \cdot V_1/V_2) - k' \cdot y$ .

ПК-8 , ПК-9 , ПК-14

### Задачи

1. Найти распределение потоков вещества в биохимической системе при условии, что величина потоков не может превышать 10 мкмоль/мин/г. Физиологической функцией данной системы является обеспечение максимальной скорости выведения вещества В.



1)  $R_1=6.67$ ,  $R_2=3.33$ ,  $R_3=6.67$ ,  $R_4=6.67$ ,  $R_5=10.0$ ,  $R_6=3.33$ ,  $R_7=6.67$  мкмоль/мин/г

ПК-9 , ОПК-7

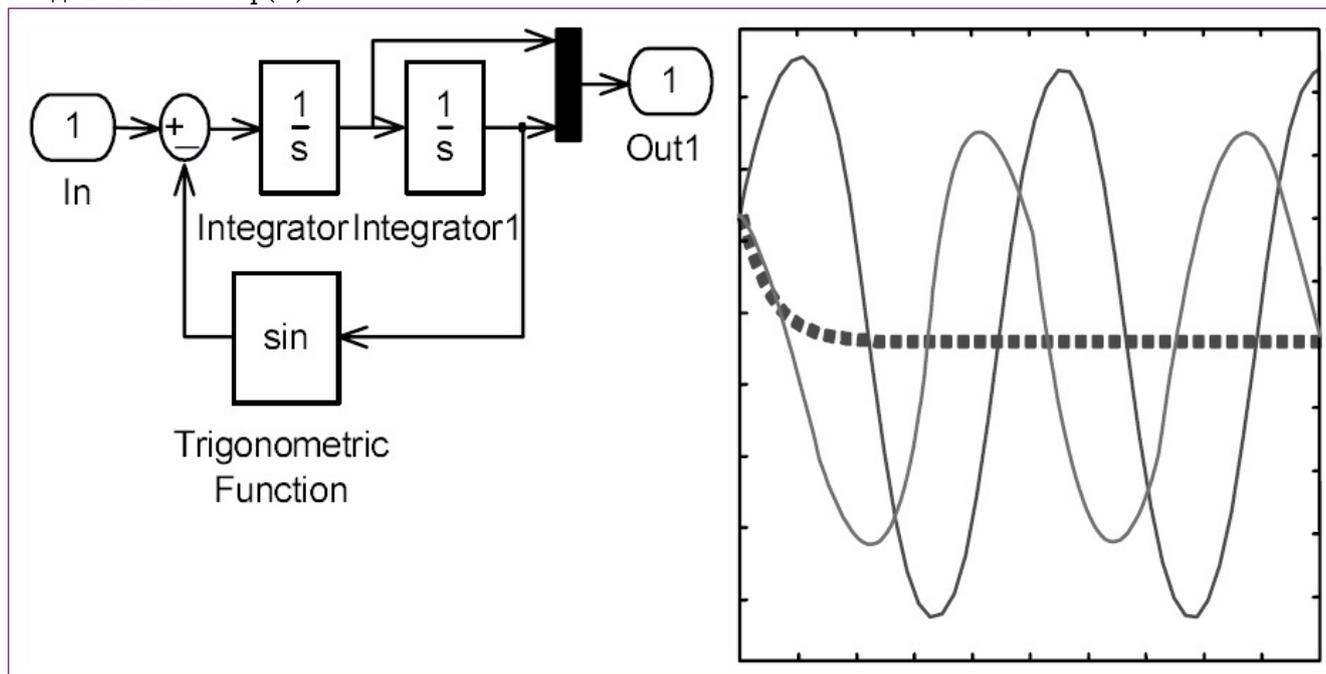
2. Определите максимальный объем левого желудочка, считая, что минутный объем кровообращения равен 4.9 л/мин, частота сердечных сокращений 1 Гц, а фракция выброса равна 65%.

1) 0.127 л

ПК-8

3. Построить структурную блок-схему регуляции уровня глюкозы, если этот процесс описывается следующим уравнением:  $d^2y/dt^2 + \sin(y) = u$ ,  $y(0)=1$ ,  $dy/dt(0)=1$ , при управляющем

воздействии  $u = \exp(-t)$ .



1) См. рисунок

ПК-9 , ПК-14

### Тесты

**1. О ЧЕМ МОЖЕТ СВИДЕТЕЛЬСТВОВАТЬ S-ОБРАЗНЫЙ ВИД КИНЕТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ФЕРМЕНТА?**

- 1) фермент состоит из нескольких субъединиц
- 2) в системе присутствует конкурентный ингибитор
- 3) фермент является неконкурентным ингибитором
- 4) фермент является аллостерическим ингибитором

Правильный ответ: 1

ПК-9

**2. ЧТО ИЗ НИЖЕ ПЕРЕЧИСЛЕННОГО НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ЭЛЕМЕНТОМ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ КАРТЫ?**

- 1) неучтенные элементы
- 2) компонент (вещество)
- 3) стрелки, указывающие поток вещества
- 4) стрелки, указывающие поток информации

Правильный ответ: 1

ПК-9

**3. КАКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЯВЛЯЮТСЯ ОСНОВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ?**

**1) решающие элементы**

2) команды программы

3) логические связи

4) структурные связи

Правильный ответ: 1

ПК-14

**2.10. Примерная тематика курсовых работ (проектов)  
Данный вид работы учебным планом не предусмотрен**

## 2.11. Перечень практических умений/навыков

4 курс

7 семестр

№ п/п	Практические умения
1	2
1	<b>Строить метаболические карты.</b> Уровень: Уметь ПК-9
2	<b>Строить модели ферментативной кинетики с использованием закона действующих масс.</b> Уровень: Уметь ПК-9
3	<b>Строить потоковые модели метаболических процессов.</b> Уровень: Уметь ПК-9
4	<b>Строить канонические модели метаболических процессов.</b> Уровень: Уметь ПК-9
5	<b>Строить модели биологических систем в виде блок-диаграмм.</b> Уровень: Уметь ПК-9,ПК-14
6	<b>Навыками построения метаболических карт.</b> Уровень: Владеть ПК-9
7	<b>Навыками построения моделей ферментативной кинетики.</b> Уровень: Владеть ПК-9
8	<b>Навыками построения потоковых и канонических моделей метаболизма.</b> Уровень: Владеть ПК-9
9	<b>Навыками построения моделей биологических процессов в виде блок-диаграмм.</b> Уровень: Владеть ПК-9,ПК-14
10	<b>Анализировать распределение величин внутриклеточных метаболических потоков, полученных с использованием методологии потокового моделирования.</b> Уровень: Уметь ОПК-7
11	<b>Навыками оценки физиологических состояний и патологических процессов в организме человека на основе результатов потокового моделирования.</b> Уровень: Владеть ОПК-7

4 курс

8 семестр

№ п/п	Практические умения
1	2

12	<b>Строить и анализировать математические модели физиологических систем человека.</b> Уровень: Уметь ПК-8
13	<b>Строить модели действия лекарственных веществ на организм.</b> Уровень: Уметь ПК-8,ПК-9,ПК-14
14	<b>Строить структурную схему установки для перфузии изолированных органов.</b> Уровень: Уметь ПК-8,ПК-9,ПК-14
15	<b>Навыками построения математических моделей физиологических систем человека.</b> Уровень: Владеть ПК-8
16	<b>Навыками построения математических моделей действия лекарственных веществ на организм при различной тактике их введения.</b> Уровень: Владеть ПК-8,ПК-9,ПК-14
17	<b>Навыками построения структурных блок-диаграмм установка для перфузии изолированных органов.</b> Уровень: Владеть ПК-8,ПК-9,ПК-14

## 2.12. Примерная тематика рефератов (эссе)

4 курс

7 семестр

№ п/п	Темы рефератов
1	2
1	<b>Представление биохимической системы в виде метаболических карт.</b> ПК-9
2	<b>Получение кинетических уравнений ферментативных реакций.</b> ПК-9
3	<b>Динамические характеристики ферментативных реакций.</b> ПК-9
4	<b>Математическая формулировка процессов ингибирования ферментативных реакций.</b> ПК-9
5	<b>Потоковые метаболические модели (особенности построения для различных систем и условий окружающей среды).</b> ПК-9,ОПК-7

4 курс

8 семестр

№ п/п	Темы рефератов
1	2
6	<b>Построение моделей механических процессов для человеческого тела (включая модели переломов костей).</b> ПК-8
7	<b>Энергетическое взаимодействие организма со средой.</b> ПК-8
8	<b>Изучение сердечно-сосудистой системы человека как в норме, так и при патологии с использованием математических моделей.</b> ПК-8
9	<b>Изучение процессов дыхания с точки зрения эквивалентного подхода.</b> ПК-8

10	<b>Определение стратегии введения лекарственных веществ с использованием математического моделирования.</b>  ПК-8,ПК-9,ПК-14
----	--

## 2.13. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 2.13.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Вид носителя (электронный/бумажный)
1	2	3
1	Ремизов, А. Н. <a href="#">Медицинская и биологическая физика</a> : учебник / А. Н. Ремизов. - 4-е изд., испр. и перераб. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. - 656 с. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970474983.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970474983.html</a>	ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

### 2.13.2. Перечень дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Вид носителя (электронный/бумажный)
1	2	3
1	Присный, А. А. <a href="#">Биофизика. Курс лекций</a> : учебное пособие / А. А. Присный. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 188 с. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://reader.lanbook.com/book/131042#1">https://reader.lanbook.com/book/131042#1</a>	ЭБС Лань
2	Гаврилов, М. В. <a href="#">Информатика и информационные технологии</a> : учебник для вузов / М. В. Гаврилов, В. А. Климов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 355 с. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://urait.ru/viewer/informatika-i-informacionnye-tehnologii-509820#page/1">https://urait.ru/viewer/informatika-i-informacionnye-tehnologii-509820#page/1</a>	ЭБС Юрайт
3	Омельченко, В. П. <a href="#">Медицинская информатика</a> : учебник / В. П. Омельченко, А. А. Демидова. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. - 528 с. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785970443200.html?SSr=07E70614FE60">https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785970443200.html?SSr=07E70614FE60</a>	ЭБС Консультант студента (ВУЗ)
4	<a href="#">Медицинская информатика</a> : учебник / ред. Т. В. Зарубина, Б. А. Кобринский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. - 464 с. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970462737.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970462737.html</a>	ЭБС Консультант студента (ВУЗ)
5	Обмачевская, С. Н. <a href="#">Медицинская информатика. Курс лекций</a> : учебное пособие для вузов / С. Н. Обмачевская. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 184 с. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://reader.lanbook.com/m/book/226475#1">https://reader.lanbook.com/m/book/226475#1</a>	ЭБС Лань

### 2.13.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

<b>Порядковый номер</b>	1
<b>Наименование</b>	Информационная система «Динамические модели в биологии»
<b>Вид</b>	Интернет-ресурс
<b>Форма доступа</b>	<a href="http%3A%2F%2Fdmb.biophys.msu.ru%2F">http%3A%2F%2Fdmb.biophys.msu.ru%2F</a>
<b>Рекомендуемое использование</b>	При подготовке к практическим занятиям

<b>Порядковый номер</b>	2
<b>Наименование</b>	«Биомолекула» - научно-популярный сайт, посвящённый молекулярным основам современной биологии и практическим применениям научных достижений в медицине и биотехнологии
<b>Вид</b>	Интернет-ресурс
<b>Форма доступа</b>	<a href="http%3A%2F%2Fwww.biomolecula.ru%2F">http%3A%2F%2Fwww.biomolecula.ru%2F</a>
<b>Рекомендуемое использование</b>	При подготовке к занятиям для более глубокого понимания материала.

<b>Порядковый номер</b>	3
<b>Наименование</b>	MetaCyc - набор экспериментально подтвержденных метаболических путей
<b>Вид</b>	Интернет-ресурс
<b>Форма доступа</b>	<a href="http%3A%2F%2Fmetacyc.org%2F">http%3A%2F%2Fmetacyc.org%2F</a>
<b>Рекомендуемое использование</b>	При выполнении практических заданий

<b>Порядковый номер</b>	4
<b>Наименование</b>	BRENDA - информация по белкам
<b>Вид</b>	Интернет-ресурс
<b>Форма доступа</b>	<a href="http%3A%2F%2Fwww.brenda-enzymes.info%2F">http%3A%2F%2Fwww.brenda-enzymes.info%2F</a>
<b>Рекомендуемое использование</b>	При выполнении практических занятий.

**2.13.4. Карта перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика для очной формы обучения**

№ п/п	Вид	Наименование	Режим доступа	Доступ	Рекомендуемое использование
1	2	3	4	5	6
1.	Видеоуроки практических навыков	-/-	-/-	-/-	-/-
2.	Видеолекции	-/-	-/-	-/-	-/-
3.	Учебно-методический комплекс для дистанционного обучения	-/-	-/-	-/-	-/-
4.	Программное обеспечение				
		Компьютерная программа для проведения инженерных расчетов	Рабочий стол персонального компьютера	По логину/паролю	Для выполнения заданий по теме занятия
5.	Информационно-справочные системы и базы данных	ЭБС Консультант студента ВУЗ ЭБС Айбукс ЭБС Букап ЭБС Лань ЭБС Юрайт ЭБС MedLib.ru НЭБ eLibrary БД Web of Science БД Scopus ЭМБ Консультант врача Wiley Online Library Springer Nature ScienceDirect (Elsevier) СПС КонсультантПлюс СПС Консультант Плюс	<a href="http://www.studmedlib.ru/">http://www.studmedlib.ru/</a> <a href="https://ibooks.ru/">https://ibooks.ru/</a> <a href="https://www.books-up.ru/">https://www.books-up.ru/</a> <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> <a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a> <a href="https://www.medlib.ru">https://www.medlib.ru</a> <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a> <a href="http://webofscience.com/">http://webofscience.com/</a> <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a> <a href="http://www.rosmedlib.ru/">http://www.rosmedlib.ru/</a> <a href="http://search.ebscohost.com/">http://search.ebscohost.com/</a> <a href="http://onlinelibrary.wiley.com/">http://onlinelibrary.wiley.com/</a> <a href="http://journals.cambridge.org/">http://journals.cambridge.org/</a> <a href="https://rd.springer.com/">https://rd.springer.com/</a> <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a> <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>	По логину/паролю По логину/паролю По логину/паролю По логину/паролю По логину/паролю По логину/паролю, по IP-адресу По логину/паролю, по IP-адресу По IP-адресу По логину/паролю По IP-адресу По IP-адресу По IP-адресу По IP-адресу По IP-адресу По IP-адресу По IP-адресу	Для самостоятельной работы, при подготовке к занятиям

**2.13.5. Материально-техническая база дисциплины, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине "Физиологическая кибернетика" по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика (очное, высшее образование, 6,00) для очной формы обучения**

№ п/п	Наименование	Кол-во	Форма использования
1	2	3	4
	<b>Аудитория №1</b>		аудитория для проведения занятий лекционного типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации Программное обеспечение: Microsoft Windows: 43344704, 60641926, 60641927, 61513487, 61513488, 65459253, 65459265, 69754734, 69754735,V9233887 Microsoft Office: 43344704, 60641927, 61513487, 65459253 Kaspersky Endpoint Security: 13C8-230601-131918-526-1100
1	Проектор	1	
2	Микрофон	1	
3	Доска	1	
4	Компьютер	1	
5	Колонки	1	
6	Проекционный экран	1	
7	Трибуна	1	
8	Столы	60	
9	Посадочные места	360	
10	Индукционная система Исток С1и	1	
11	Акустический усилитель и колонки	1	
	<b>Аудитория №2</b>		аудитория для проведения занятий лекционного типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации Программное обеспечение: Microsoft Windows: 43344704, 60641926, 60641927, 61513487, 61513488, 65459253, 65459265, 69754734, 69754735,V9233887 Microsoft Office: 43344704, 60641927, 61513487, 65459253 Kaspersky Endpoint Security: 13C8-230601-131918-526-1100
1	Проектор	1	
2	Микрофон	1	
3	Доска	1	
4	Компьютер	1	
5	Колонки	1	

6	Проекционный экран	1	
7	Трибуна	1	
8	Стол	60	
9	Посадочные места	360	
	<b>Аудитория №3</b>		аудитория для проведения занятий лекционного типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации Программное обеспечение: Microsoft Windows: 43344704, 60641926, 60641927, 61513487, 61513488, 65459253, 65459265, 69754734, 69754735, V9233887 Microsoft Office: 43344704, 60641927, 61513487, 65459253 Kaspersky Endpoint Security: 13C8-230601-131918-526-1100
1	Проектор	1	
2	Микрофон	1	
3	Доска	1	
4	Компьютер	1	
5	Колонки	1	
6	Проекционный экран	1	
7	Трибуна	1	
8	Стол	32	
9	Посадочные места	256	
	<b>Лекционный зал лабораторного корпуса</b>		аудитория для проведения занятий лекционного типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации Программное обеспечение: Microsoft Windows: 43344704, 60641926, 60641927, 61513487, 61513488, 65459253, 65459265, 69754734, 69754735, V9233887 Microsoft Office: 43344704, 60641927, 61513487, 65459253 Kaspersky Endpoint Security: 13C8-230601-131918-526-1100
1	Проектор	1	
2	Микрофон	1	
3	Доска	1	
4	Компьютер	1	
5	Колонки	1	

6	Проекционный экран	1	
7	Трибуна	1	
8	Стол	60	
9	Посадочные места	300	
10	Индукционная система Исток С1и	1	
	<b>Лекционный зал морфологического корпуса</b>		аудитория для проведения занятий лекционного типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации Программное обеспечение: Microsoft Windows: 43344704, 60641926, 60641927, 61513487, 61513488, 65459253, 65459265, 69754734, 69754735, V9233887 Microsoft Office: 43344704, 60641927, 61513487, 65459253 Kaspersky Endpoint Security: 13C8-230601-131918-526-1100
1	Проектор	1	
2	Микрофон	1	
3	Доска	1	
4	Компьютер	1	
5	Колонки	1	
6	Проекционный экран	1	
7	Трибуна	1	
8	Стол	100	
9	Посадочные места	350	
10	Индукционная система Исток С1и	1	
11	Акустический усилитель и колонки	1	
	<b>Актный зал</b>		аудитория для проведения занятий лекционного типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации Программное обеспечение: Microsoft Windows: 43344704, 60641926, 60641927, 61513487, 61513488, 65459253, 65459265, 69754734, 69754735, V9233887 Microsoft Office: 43344704, 60641927, 61513487, 65459253 Kaspersky Endpoint Security: 13C8-230601-131918-526-1100
1	Проектор	1	
2	Микрофон	2	

3	Доска	3	
4	Компьютер	1	
5	Колонки	1	
6	Проекционный экран	1	
7	Трибуна	1	
8	Стол	40	
9	Посадочные места	200	
10	Индукционная система Исток С1и	1	
11	Акустический усилитель и колонки	1	
	<b>Компьютерный класс №6 (4-60/1)</b>		учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации Программное обеспечение: Microsoft Windows: 43344704, 60641926, 60641927, 61513487, 61513488, 65459253, 65459265, 69754734, 69754735,V9233887 Microsoft Office: 43344704, 60641927, 61513487, 65459253 Kaspersky Endpoint Security: 13C8-230601-131918-526-1100
1	Комплект учебной мебели, посадочных мест	16	
2	Магнитно-маркерная доска	1	
3	Проектор	1	
4	Компьютер	16	
5	Экран	1	
	<b>Лекционный зал (4-60/2)</b>		учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, аудитория для проведения занятий лекционного типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации Программное обеспечение: Microsoft Windows: 43344704, 60641926, 60641927, 61513487, 61513488, 65459253, 65459265, 69754734, 69754735,V9233887 Microsoft Office: 43344704, 60641927, 61513487, 65459253 Kaspersky Endpoint Security: 13C8-230601-131918-526-1100
1	Комплект учебной мебели, посадочных мест	50	
2	Ноутбук	1	
3	Проектор	1	
4	Экран	1	

	<b>Читальный зал НБ</b>		аудитория для самостоятельной работы Программное обеспечение: Microsoft Windows: 43344704, 60641926, 60641927, 61513487, 61513488, 65459253, 65459265, 69754734, 69754735, V9233887 Microsoft Office: 43344704, 60641927, 61513487, 65459253 Kaspersky Endpoint Security: 13C8-230601-131918-526-1100
1	Проектор	1	
1	Клавиатура со шрифтом Брайля	13	
2	Экран	1	
3	Ноутбук	1	
4	Персональный компьютер	18	
5	Сканирующая и читающая машина CARA CE	1	
6	Столы	30	
7	Посадочные места	43	
8	Индукционная система Исток С1и	1	
9	Головная компьютерная мышь	1	
10	Клавиатура программируемая крупная адаптивная	1	
11	Джойстик компьютерный	1	
12	Принтер Брайля (рельефно-точечный)	1	
13	Специализированное ПО: экранный доступ JAWS	1	
14	Ресивер для подключения устройств	1	

## 2.14. Образовательные технологии

При изучении данной дисциплины: 6% интерактивных часов от объема аудиторных часов. В рамках изучения дисциплины «Физиологическая кибернетика» обучение студентов проводится на лекциях, аудиторных практических занятиях, а также в результате самостоятельного изучения избранных глав материала. Занятия проводятся с использованием следующих методов обучения: объяснительно-иллюстративного, проблемного изложения, исследовательский. Лекции преимущественно проходят в академической форме (с мультимедийной презентацией информации). Проводятся следующие разновидности аудиторных практических занятий: демонстрация, упражнение, консультирование, мозговой штурм, анализ проблемных ситуаций, компьютерная симуляция, работа в малых группах. Внеаудиторная (самостоятельная) работа обучающихся включает следующие виды учебной деятельности: работа с учебниками, монографиями и конспектами лекций, решение тестовых заданий, решение задач.

## 2.15. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с последующими дисциплинами

		Разделы данной дисциплины, необходимые для изучения последующих дисциплин					
№ п/п	Наименование последующих дисциплин	1	2	3	4	5	6
1	Клиническая кибернетика	+		+		+	+

## 2.16. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Обучение складывается из аудиторных занятий (196 часов), включающих лекционный курс и практические занятия, и самостоятельной работы (92 часа). Основное учебное время отводится на практическую работу, связанную с построением математических моделей биологических процессов и систем на разном уровне организации организма человека. При изучении учебной дисциплины необходимо, используя базовые знания математики и дифференциального и интегрального исчисления, механики, биофизики, овладеть навыками синтеза математических моделей ферментативной кинетики, популяционной динамики (конкретно, изучение иммунного ответа), физиологических систем организма. Отдельное внимание уделяется задачам определения тактики введения лекарственного препарата и проектированию биотехнических систем для перфузии изолированных органов. Практические занятия проводятся в виде демонстраций, упражнений, консультирования, работы в малых группах, использования наглядных пособий, ответов на тестовые задания и контрольные вопросы. В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: мозговой штурм, анализ проблемных ситуаций. Самостоятельная работа студентов подразумевает подготовку к практическим занятиям и включает работу с учебниками и монографиями, конспектирование, решение тестовых заданий, подготовку ответов на вопросы, работа на компьютере. Освоение прикладных компьютерных программ, работа с учебной литературой рассматриваются как виды учебной работы по дисциплине «Физиологическая кибернетика» и выполняется в пределах часов, отводимых на её изучение (в разделе "Самостоятельная работа"). Каждый обучающийся обеспечен доступом к библиотечным фондам университета и кафедры. По каждому разделу учебной дисциплины разработаны методические рекомендации для преподавателей и методические указания для обучающихся. Во время изучения учебной дисциплины студенты самостоятельно выполняют тестовые задания, готовят ответы на вопросы по теме занятия и решают практические задачи. Исходный уровень знаний студентов определяется тестированием. Текущий контроль знаний осуществляется путем проведения устного опроса в ходе занятий, решения ситуационных задач и тестов. В конце изучения учебной дисциплины проводится промежуточный контроль знаний (экзамен), включающий в себя итоговое тестирование, решение задач и ответы на вопросы по темам курса.

## 2.17. Особенности организации обучения по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

### 1. Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

по заявлению обучающегося кафедрой разрабатывается адаптированная рабочая программа с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья обучающегося.

### 2. В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья кафедра обеспечивает:

#### 1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- размещение в доступных местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими;
- присутствие преподавателя, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

#### 2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

#### 3) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:

- возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры. В случае невозможности беспрепятственного доступа на кафедру организовывать учебный процесс в специально оборудованном помещении (ул. Партизана Железняка, 1, Университетский библиотечно-информационный центр: электронный читальный зал (ауд. 1-20), читальный зал (ауд. 1-21).

**3. Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах.**

### 4. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Категории студентов	Оборудование	Формы
С нарушением слуха	1. Индукционная система Исток с1и	- в печатной форме; - в форме электронного документа;
С нарушением зрения	1. Сканирующая и читающая машина SARA CE; 2. Специализированное ПО: экранный доступ JAWS; 3. Наклейка на клавиатуру со шрифтом Брайля; 4. Принтер Брайля (рельефно-точечный);	- в печатной форме (по договору на информационно-библиотечное обслуживание по межбиблиотечному абонементу с КГБУК «Красноярская краевая специальная библиотека - центр социокультурной реабилитации инвалидов по зрению» №2018/2 от 09.01.2018 (срок действия до 31.12.2022) - в форме электронного документа; - в форме аудиофайла;

С нарушением опорно-двигательного аппарата	1. Специализированный стол; 2. Специализированное компьютерное оборудование (клавиатура программируемая крупная адаптивная, головная компьютерная мышь, джойстик компьютерный);	- в печатной форме; - в форме электронного документа; - в форме аудиофайла;
1. Ресивер для подключения устройств.		