

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России)

Кафедра физики и математики ИФМХ ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры физики и
математики ИФМХ
29 мая 2025 г., протокол №10
зав. кафедрой, д.м.н. Мачнева Т.В.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

12.04.04 Биотехнические системы и технологии
(код и наименование направления подготовки)

Магистр

Квалификация (степень) выпускника

Москва 2025

Фонд оценочных средств составлен в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки 12.04.04 Биотехнические системы и технологии, обсужден на заседании кафедры физики и математики ИФМХ 29 мая 2025 г., протокол №10.

**ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ»**

основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры

по направлению подготовки 12.04.04 Биотехнические системы и технологии

код наименование

№	Контролируемые разделы дисциплины	Индекс контролируемо й компетенции (или её части)	Оценочные средства	Способ контроля
1	Динамические системы	УК-1, ПК-1, ПК-2	Тестовый контроль Задания открытого типа	Текущий
2	Стандартные численные методы решения дифференциальн ых уравнений и систем ДУ	УК-1, ПК-1, ПК-2	Тестовый контроль Задания открытого типа	Текущий
3	Модели физиологических процессов и систем	ПК-1, ПК-2	Тестовый контроль Задания открытого типа	Текущий

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Индекс компетенции и её содержание	Дескрипторы		
		знать	уметь	владеть практическим опытом (трудовыми действиями):
1	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий. УК-1. ИД4 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК-1. ИД5 Определяет пробелы в информации,	- основные понятия и методы математического моделирования; типы моделей в математике; математические модели в биологии, физиологии; модели, описывающие различные сложные системы - методами проверки идентичности модели	- применять математические методы при решении типовых профессиональных задач - верно определять условия применимости модели,	- методами математического моделирования биологических процессов и систем; приемами оформления результатов работ по утвержденным формам - методами проверки идентичности модели

	необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению		идентичность полученной формальной модели исходному описанию системы	
2	ПК-1. Способен к разработке и интеграции инновационных биотехнических систем и технологий, в том числе медицинского, экологического и биометрического назначения ПК-1.ИД1 Осуществляет проектирование инновационных биотехнических систем и технологий	-особенности биологических объектов моделирования и методики экспериментальной оценки их свойств; классификацию моделей по свойствам, специфике моделируемого объекта; методы	- адекватно ставить задачи исследования и оптимизации; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения; выбирать адекватные методы исследования; принимать	- методами расчета параметров и основных характеристик моделей любого из рассмотренных классов; практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования

	ПК-1.ИД3 Проводит организацию процессов создания и интеграции инновационных биотехнических систем и технологий	синтеза и исследования моделей; - особенности биологических объектов, методики экспериментальной оценки их свойств; классификацию моделей по свойствам, специфике моделируемого объекта; методы синтеза и исследования моделей;	адекватные решения по результатам исследования моделей - осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения	-методами расчета параметров и основных характеристик моделей любого из рассмотренных классов моделей
3	ПК-2. Способен разрабатывать радиоэлектронные средства, комплексы и системы (в том числе биомедицинского назначения)			

	ПК-2.ИД3 Проводит макетирование и проверку соответствия параметров разработанных комплексов и систем с заданными нормативными требованиями	- особенности биологических объектов моделирования и методики экспериментальной оценки их свойств; классификацию моделей по свойствам, специфике моделируемого объекта; методы синтеза и исследования моделей;	- осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения; выбирать адекватные методы исследования; принимать адекватные решения по результатам исследования моделей; адекватно ставить задачи исследования и оптимизации; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения; выбирать адекватные методы исследования; принимать	- методами расчета параметров и основных характеристик моделей любого из рассмотренных классов; практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования
--	---	---	---	--

			адекватные решения по результатам исследования моделей	
--	--	--	--	--

**КОНТРОЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ПРИМЕНЯЕМЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕМЕНТЫ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ»**

№	Индекс компетенции	Наименование контрольных мероприятий	
		Тестирование	Решение заданий открытого типа
		Наименование материалов оценочных средств	
		Тестовые задания	Задания открытого типа
1	УК-1	1-30	1-20
2	ПК-1	1-30	1-20
3	ПК-2	1-30	1-20

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ
знаний, умений, навыков, характеризующие этапы формирования
компетенций в процессе освоения по дисциплине
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ»**

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

ВЫБЕРИТЕ ОДИН ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ И УКАЖИТЕ ЕГО В ВИДЕ
НОМЕРА. НАПРИМЕР: 2

1. Укажите тип собственных значений для особой точки типа центр

- 1) действительные отрицательные
- 2) комплексные с положительной действительной частью
- 3) комплексные с отрицательной действительной частью
- 4) чисто мнимые

Эталон ответа: чисто мнимые

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

2. Укажите тип собственных значений для особой точки типа устойчивый фокус

- 1) действительные отрицательные
- 2) комплексные с положительной действительной частью
- 3) комплексные с отрицательной действительной частью
- 4) чисто мнимые

Эталон ответа: комплексные с отрицательной действительной частью

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

3. Укажите тип собственных значений для особой точки типа неустойчивый фокус

- 1) действительные отрицательные
- 2) комплексные с положительной действительной частью
- 3) комплексные с отрицательной действительной частью
- 4) чисто мнимые

Эталон ответа: комплексные с положительной действительной частью

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

4. Укажите тип собственных значений для особой точки типа седло

- 1) действительные отрицательные
- 2) комплексные с положительной действительной частью
- 3) комплексные с отрицательной действительной частью
- 4) действительные разных знаков

Эталон ответа: действительные разных знаков

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

5. Укажите тип собственных значений для особой точки типа неустойчивый узел

- 1) действительные отрицательные
- 2) комплексные с отрицательной действительной частью
- 3) действительные положительные
- 4) комплексные с положительной действительной частью

Эталон ответа: действительные положительные

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

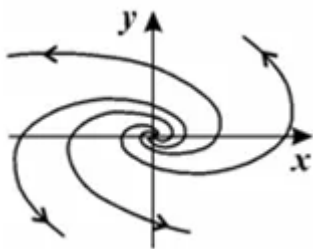
6. Укажите тип собственных значений для особой точки типа устойчивый узел

- 1) действительные отрицательные
- 2) комплексные с отрицательной действительной частью
- 3) действительные положительные
- 4) комплексные с положительной действительной частью

Эталон ответа: действительные отрицательные

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

7. По картинке определите тип особой точки

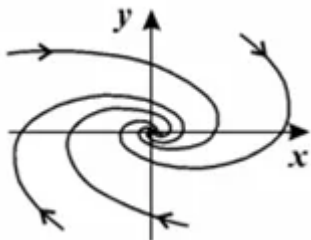


- 1) неустойчивый узел
- 2) неустойчивый фокус
- 3) устойчивый узел
- 4) устойчивый фокус

Эталон ответа: неустойчивый фокус

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

8. По картинке определите тип особой точки

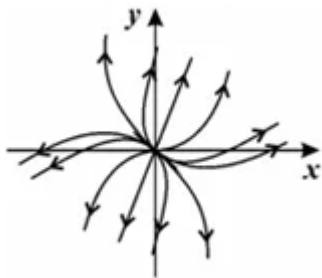


- 1) центр
- 2) седло
- 3) устойчивый узел
- 4) устойчивый фокус

Эталон ответа: устойчивый фокус

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

9. По картинке определите тип особой точки

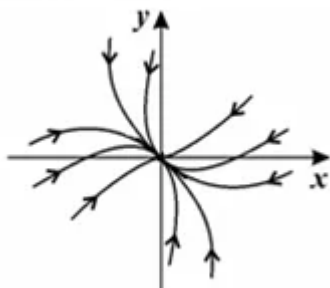


- 1) неустойчивый узел
- 2) неустойчивый фокус
- 3) устойчивый узел
- 4) устойчивый фокус

Эталон ответа: неустойчивый узел

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

10. По картинке определите тип особой точки

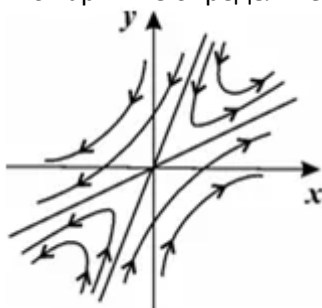


- 1) центр
- 2) седло
- 3) устойчивый узел
- 4) устойчивый фокус

Эталон ответа: устойчивый узел

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

11. По картинке определите тип особой точки

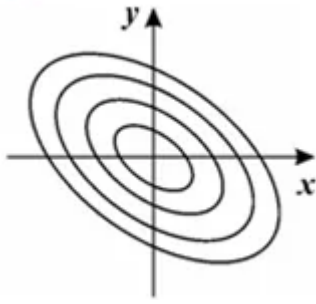


- 1) центр
- 2) седло
- 3) устойчивый узел
- 4) устойчивый фокус

Эталон ответа: седло

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

12. По картинке определите тип особой точки



- 1) центр
- 2) седло
- 3) устойчивый узел
- 4) устойчивый фокус

Эталон ответа: центр

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

13. Укажите тип фазовой траектории для особой точки типа центр

- 1) окружность, эллипс
- 2) логарифмическая спираль
- 3) гипербола
- 4) парабола

Эталон ответа: окружность, эллипс

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

14. Укажите тип фазовой траектории для особой точки типа устойчивый фокус

- 1) архимедова спираль
- 2) логарифмическая спираль
- 3) парабола
- 4) гипербола

Эталон ответа: логарифмическая спираль

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

15. Укажите тип фазовой траектории для особой точки типа неустойчивый фокус

- 1) архимедова спираль
- 2) логарифмическая спираль
- 3) парабола
- 4) гипербола

Эталон ответа: логарифмическая спираль

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

16. Укажите тип фазовой траектории для особой точки типа седло

- 1) окружность, эллипс
- 2) логарифмическая спираль
- 3) гипербола
- 4) парабола

Эталон ответа: гипербола

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

17. Укажите тип фазовой траектории для особой точки типа неустойчивый узел

- 1) архимедова спираль
- 2) логарифмическая спираль
- 3) парабола
- 4) гиперболола

Эталон ответа: парабола

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

18. Укажите тип фазовой траектории для особой точки типа устойчивый узел

- 1) окружность, эллипс
- 2) логарифмическая спираль
- 3) гиперболола
- 4) парабола

Эталон ответа: парабола

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

19. Какое свойство есть у вырожденной особой точки?

- 1) их нельзя классифицировать только по линеаризации — требуется анализ нелинейных членов
- 2) вырожденные особые точки всегда устойчивы
- 3) в вырожденной особой точке система имеет единственное решение

Эталон ответа: их нельзя классифицировать только по линеаризации — требуется анализ нелинейных членов

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

20. Что такое вырожденная особая точка

- 1) это особая точка автономной системы ОДУ, у которой матрица Якоби (линеаризованная система) имеет хотя бы одно нулевое собственное значение
- 2) это особая точка автономной системы ОДУ, у которой матрица Якоби (линеаризованная система) имеет хотя бы одно нулевое собственное значение или чисто мнимые собственные значения с нулевой вещественной частью, но при этом не является центром
- 3) это особая точка автономной системы ОДУ, у которой матрица Якоби (линеаризованная система) имеет чисто мнимые собственные значения с нулевой вещественной частью, но при этом не является центром

Эталон ответа: это особая точка автономной системы ОДУ, у которой матрица Якоби (линеаризованная система) имеет хотя бы одно нулевое собственное значение или чисто мнимые собственные значения с нулевой вещественной частью, но при этом не является центром

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

21. Какое условие обязательно для вырожденной особой точки?

- 1) $\det(J) \neq 0$
- 2) $\det(J) = 0$
- 3) Собственные значения J имеют $\operatorname{Re}(\lambda) > 0$
- 4) Траектории системы — замкнутые кривые

Эталон ответа: $\det(J) = 0$

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

22. Что неверно для вырожденных точек?

- 1) их классификация требует анализа нелинейных членов
- 2) они всегда устойчивы
- 3) матрица Якоби может иметь нулевое собственное значение

Эталон ответа: они всегда устойчивы

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

23. Если в особой точке $\lambda_1 = i$, $\lambda_2 = -i$, то она:

- 1) Всегда центр
- 2) Вырожденная, если нелинейные члены превращают её в фокус
- 3) Всегда устойчивый фокус
- 4) Не является особой

Эталон ответа: Вырожденная, если нелинейные члены превращают её в фокус

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

24. Вырожденная точка с $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$ — это:

- 1) вырожденный узел
- 2) седло
- 3) центр

Эталон ответа: вырожденный узел

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

25. Если $\operatorname{Re}(\lambda) = 0$ для всех λ , но траектории не замкнуты, то точка:

- 1) центр
- 2) вырожденная особая
- 3) устойчивый фокус
- 4) не является особой

Эталон ответа: Вырожденная особая

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

26. Как классифицируется особая точка, если собственные значения матрицы Якоби действительны, различны и отрицательны?

- 1) неустойчивый узел
- 2) устойчивый узел
- 3) седло
- 4) центр

Эталон ответа: устойчивый узел

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

27. Что характеризует седловую особую точку?

- 1) оба собственных значения имеют $\operatorname{Re}(\lambda) > 0$
- 2) одно $\lambda > 0$, другое $\lambda < 0$
- 3) $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$
- 4) λ_1, λ_2 — чисто мнимые

Эталон ответа: Одно $\lambda > 0$, другое $\lambda < 0$

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

28. Если в особой точке собственные значения $\lambda = \pm 2i$, то это:

- 1) устойчивый фокус
- 2) неустойчивый фокус
- 3) центр
- 4) седло

Эталон ответа: центр

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

ВЫБЕРИТЕ СООТВЕТСТВИЯ И УКАЖИТЕ ИХ В ВИДЕ БУКВЫ И СООТВЕТСТВУЮЩЕГО НОМЕРА. НАПРИМЕР: 3А, 2Б, 1В

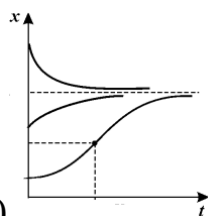
29. Указать соответствия типов устойчивости положения равновесия скалярного дифференциального уравнения и названия:

- 1) аттрактор
- 2) репеллер
- 3) -
- А) устойчивое
- Б) неустойчивое
- В) полуустойчивое

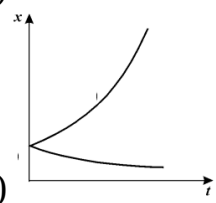
Эталон ответа: 1а, 2б, 3с

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

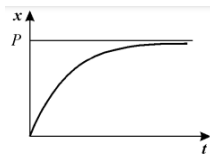
30. Указать соответствие



1)



2)



3)

А) $\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K}\right)$

Б) $\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta x$

В) $\frac{dx}{dt} = k(P - x)$

Эталон ответа: 1А, 2Б, 3В

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

Критерии оценки тестирования обучающихся

«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»	«Неудовлетворительно»
Количество положительных ответов 91% и более максимального балла теста	Количество положительных ответов от 81% до 90% максимального балла теста	Количество положительных ответов от 71% до 80% максимального балла теста	Количество положительных ответов менее 70% максимального балла теста

ЗАДАНИЯ ОТКРЫТОГО ТИПА

1. Погрешность метода Рунге-Кутты оценивается формулой

$\|u - y\| \leq C_0 C(u) h^m$. Говорят, что m – это «... точности метода».

Задание: запишите пропущенное слово

Эталонный ответ: порядок

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

2. Вычисления на одном шаге q -стадийного явного метода Рунге – Кутты

таковы: $y_{i+1} = y_i + h(b_1 k_1 + b_2 k_2 + \dots + b_q k_q)$

Задание: запишите сумму коэффициентов b_i

Эталонный ответ: 1

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

3. Увеличивая число узлов в 10 раз в *двух*-стадийном методе Рунге – Кутты, мы увеличиваем точность метода в 10^m раз.

Задание: запишите, верно ли данное утверждение для *трёх*-стадийного метода

Эталонный ответ: да

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

4. Метод Рунге – Кутта пятого порядка не может иметь меньше, чем ... стадий

Задание: запишите пропущенное слово

Эталонный ответ: шесть

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

5. При численном определении порядка точности метода нужно учитывать максимально достижимую точность при вычислениях с двойной точностью:

Приблизительно до ... знака после запятой

Задание: запишите пропущенное слово

Эталонный ответ: шестнадцатого

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

6. Для какой из моделей типа Хищник-жертва верно, что жертва может найти достаточно пищи для пропитания?

Задание: запишите ответ на вопрос

Эталонный ответ: Вольтерра

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

7. В данной модели Хищник-жертва

$$\begin{aligned}x' &= a(1 - x/K)x - \frac{bxy}{1 + Ax}, \\y' &= -cy + \frac{d}{1 + Ax}xy,\end{aligned}$$

в отсутствии хищников популяция жертв растет при условии численности жертв меньше значения определенного коэффициента

Задание: запишите данный коэффициент

Эталонный ответ: K

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

8. Положениями ... системы называются такие точки фазового пространства u^* , что $f(u^*) = 0$

Задание: запишите пропущенное слово

Эталонный ответ: равновесия

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

9. Бифуркационная диаграмма строится в пространстве динамической системы

Задание: запишите пропущенное слово

Эталонный ответ: фазово-параметрическом

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

10. Если для любого $\varepsilon > 0$ существует $\delta > 0$ такое, что для любого u_0 , $|u_0 - u^*| < \varepsilon$ выполняется неравенство $|u(t, u_0) - u^*| < \delta$ для всех $t > 0$, то положение равновесия u^* динамической системы называется устойчивым ...

Задание: запишите пропущенное словосочетание

Эталонный ответ: по Ляпунову

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

11. Две системы

$$\begin{aligned}\dot{u} &= f(u), & u &\in \mathbb{R}, \\ \dot{v} &= g(v), & v &\in \mathbb{R},\end{aligned}$$

топологически эквивалентны, если они имеют равное количество неподвижных точек одинакового характера, расположенных ... на фазовой прямой

Задание: запишите пропущенное словосочетание

Эталонный ответ: в одинаковом порядке

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

12. Появление топологически неэквивалентных фазовых портретов при изменении параметров динамической системы называется ...

Задание: запишите пропущенное слово

Эталонный ответ: бифуркацией

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

13. В модели мышечного сокращения Дещеревского сила сокращения волокна равна сумме сил, генерируемых мостиками в слое, равном половине саркомера. Скорость изменения длины волокна

$V_{\text{волокна}} = 2N V^*$, (V^* - относительная скорость скольжения нитей).

Задание: запишите словами значение параметра N

Эталонный ответ: число саркомеров

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

14. При реализации изометрического режима модели в течение сократительного цикла неизменной остается длина...

Задание: запишите пропущенное слово

Эталонный ответ: волокна

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

15. Уравнение модели Франка кровообращения является дифференциальным уравнением

$$\frac{dP}{dt} + \frac{P}{WC} = \frac{Q_c}{C} + \frac{P_{\text{кон}}}{WC}.$$

Задание: запишите тип данного дифференциального уравнения

Эталонный ответ: линейное

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

16. В модели приняты следующие допущения:

- а. Система микрососудов представлена как жесткая трубка эластичностью мелких сосудов пренебрегают
- б. Эластичность и сопротивление для каждой группы сосудов постоянны во времени и в пространстве
- в. Не рассматриваются переходные процессы установления движения крови
- г. Существует "внешний механизм" закрытия и открытия аортального клапана

Задание: запишите название модели

Эталонный ответ: Франка

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

17. При открытии аортального клапана сердца вдоль эластических сосудов распространяется ..., которую описывают в модели с помощью $Q(t)$ объемной скоростью кровотока.

Задание: запишите пропущенное словосочетание

Эталонный ответ: пульсовая волна

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

18. В модели Франка пульсовой волны рассматривают отдельные периоды, 1-я и 2-я фазы.

$$\frac{dP}{dt} + \frac{P}{WC} = \frac{Q_c}{C} + \frac{P_{\text{КОП}}}{WC}.$$

Задание: запишите условие второй фазы

Эталонный ответ: $QC = 0$

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

19. Системы, в которых восполнение растрачиваемой энергии происходит за счет внутреннего источника энергии называются...

Задание: запишите пропущенное слово

Эталонный ответ: автоколебательными

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

20. Как называется источник спиральных волн при проведении возбуждения в активной среде?

Задание: запишите название прибора

Эталонный ответ: ревербератор

Компетенция: УК-1, ПК-2, ПК-3

Критерии оценки тестирования обучающихся

«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»	«Неудовлетворительно»
Количество положительных ответов 90% и более максимального балла теста	Количество положительных ответов от 70% до 89,9% максимального балла теста	Количество положительных ответов от 69.9% до 60% максимального балла теста	Количество положительных ответов менее 60% максимального балла теста