

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 24

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель образовательной программы

К.Т.Н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

О.В. Тихоненкова  
(инициалы, фамилия)

(подпись)  
«б» 02 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Информационные основы биомеханики»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	12.03.04
Наименование направления подготовки/ специальности	Биотехнические системы и технологии
Наименование направленности	Биотехнические и медицинские аппараты и системы
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доцент, к.т.н.  
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Е.А. Николаева  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 24

«б» 02 2025 г, протокол № 2/25

Заведующий кафедрой № 24

К.Т.Н., доц.  
(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

О.В. Тихоненкова  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.В. Марковская  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Информационные основы биомеханики» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» направленности «Биотехнические и медицинские аппараты и системы». Дисциплина реализуется кафедрой «№24».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-1 «Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач»

ПК-2 «Способность к моделированию элементов и процессов биологических и биотехнических систем, их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов»

ПК-4 «Способен проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов, протекающих в биотехнических системах»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с механикой мягких и твердых биологических тканей, механикой кровообращения и дыхания, биомеханические аспекты операций по восстановлению несущей способности и движения биологических систем, биомеханическими проблемами создания заменителей различных биологических тканей и биосистем, с основными классами современных конструкционных материалов, биосовместимыми материалами (трансплантатами и имплантатами), предназначенными для контакта с живой тканью при выполнении функций медицинского назначения; созданием биомеханического информационного обеспечения хирургических операций.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Изучение понятий и методов биомеханики человеческого организма, формирование знаний об основных металлах и других конструкционных материалах, их физико-механических и химических свойствах, а также о применении этих материалов в биомедицине; формирование знаний о биосовместимых материалах (трансплантатах и имплантатах); формирование навыков построения статических и динамических расчетных схем и математических моделей для биологических структур человеческого организма, использование пакетов трехмерного моделирования для биомеханического анализа.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Универсальные компетенции	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3.1 знать методики поиска, сбора и обработки информации, в том числе с использованием информационных технологий, включая интеллектуальные
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способность к моделированию элементов и процессов биологических и биотехнических систем, их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	ПК-2.3.1 знать принципы разработки алгоритмов и реализацию математических и компьютерных моделей элементов и процессов биологических и биотехнических систем ПК-2.У.1 уметь выполнять математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способен проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных	ПК-4.3.1 знать компьютерные технологии обработки и анализа медико-биологических данных, а также методы математического моделирования биологических процессов, биотехнических систем ПК-4.У.1 уметь выбирать методы изучения

	программных средств с целью получения математических моделей процессов, протекающих в биотехнических системах	свойств биологических объектов и проводить исследования по заданной методике ПК-4.В.1 владеть навыками сбора, обработки, систематизации и анализа результатов исследований
--	---	--

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Прикладная механика»,
- «Физика».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Биотехнические системы медицинского назначения»,
- «Компьютерное моделирование объектов протезирования».

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№5	№6
1	2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	6/ 216	4/ 144	2/ 72
<b>Из них часов практической подготовки</b>	44	22	22
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	119	68	51
в том числе:			
лекции (Л), (час)	51	34	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)			
лабораторные работы (ЛР), (час)	68	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	36	36	
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	61	40	21
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз., Дифф. Зач.	Экз.	Дифф. Зач.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

## 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					

Тема 1. Механические свойства биологических тканей и жидкостей	2				2
Тема 2. Свойства материалов и их применение в биомедицинской инженерии	2				4
Тема 3. Информационные основы биомеханики сосудистой системы	6		12		8
Тема 4. Информационные основы биомеханики сердца	6		6		8
Тема 5. Информационные основы биомеханики дыхательных путей	2		2		2
Тема 6. Информационные основы биомеханики органов речеобразования	2				4
Тема 7. Информационные основы биомеханики глаза	6		6		6
Тема 8. Информационные основы биомеханики уха	6		6		4
Тема 9. Информационные основы биомеханики вестибулярного аппарата	2		2		2
Итого в семестре:	34		34		40
Семестр 6					
Тема 10. Информационные основы биомеханики опорно-двигательного аппарата	8		10		10
Тема 11. Информационные основы биомеханики пищеварительной системы	3		6		4
Тема 12. Информационные основы биомеханики выделительной системы	2		8		4
Тема 13. Информационные основы биомеханики в герниологии	2		6		2
Тема 14. Материалы в биомедицинских системах	2		4		1
Итого в семестре:	17		34		21
Итого	51	0	68	0	61

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Тема 1. Механические свойства биологических тканей и жидкостей	Структуры биологических тканей в норме и патологии. Изучение механических свойств биотканей. Саморегулирующиеся биологические структуры. Кровь, как тиксотропная суспензия. Реологические свойства тканей. Методы моделирования при исследовании биологических тканей
Тема 2. Свойства материалов и их применение в биомедицинской инженерии	Особенности материалов для биомедицинских систем. Требования к материалам для медицинских изделий, обусловленные спецификой их применения. Биологическая

	инертность биомедицинских материалов по отношению к тканям и средам организма, с которыми они соприкасаются. Проблема совместимости биологических тканей и функциональных свойств материалов, биологических тканей и технических материалов. Состав и структура материалов. Классы конструкционных и специальных материалов, в том числе с особыми упругими, тепловыми, магнитными и электрическими свойствами. Взаимодействие материалов с активными и агрессивными средами.
Тема 3. Информационные основы биомеханики сосудистой системы	Строение и функционирование сосудистой системы. Течение и давление крови в артериях. Особенности сосудистой системы в норме и патологии. Микроциркуляция. Механические свойства и экспериментальные исследования сосудистой системы. Влияние геометрии сосудов на поток. НДС артериальной и венозной систем. НДС сосудов в норме и патологии. Модели сосудистой системы. Модели поведения сосудов при различных видах нагружения.
Тема 4. Информационные основы биомеханики сердца	Строение и функционирование сердца. Особенности строения и функционирования миокарда, аортального и митрального клапанов в норме и патологии. Механические свойства сердца и его структур. Упругие и прочностные свойства сердечной мышцы, лепестков аортального и митрального клапанов. Зависимости напряжение-деформация для структур сердца. Стендовые испытания клапанных аппаратов сердца. Схемы и модели сердца и его структур.
Тема 5. Информационные основы биомеханики дыхательных путей	Строение и функционирование структур и органов дыхательных путей. Особенности строения и функционирования гортани, трахеи и легких в норме и патологии. Механические свойства структур и органов дыхательных путей. Экспериментальные методы и результаты исследования деформационных и прочностных свойств трахеобронхиального дерева в норме и патологии. Исследование напряжений, деформаций и плеврального давления в легких. Исследование механических свойств легочной паренхимы. Расчетные схемы и модели структур и органов дыхательных путей.
Тема 6. Информационные основы биомеханики органов речеобразования	Строение и функционирование органов речи. Строение и функционирование артикуляторов: голосовых связок, глотки, мягкого неба, губ, языка и нижней челюсти. Влияние несовершенств органов речи на артикуляцию. Экспериментальные исследования процессов речеобразования. Электромеханические системы исследования движения голосовых связок и губ. Математические модели органов речеобразования

Тема 7. Информационные основы биомеханики глаза	Строение глаза и его структур. Особенности строения глаза, фиброзной, сосудистой, сетчатой оболочек, роговицы, хрусталика, цилиарного тела, циановых связок и стекловидного тела в норме и патологии. Механические свойства глаза и его структур. Исследования разновидностей микродвижений глаза: тремор, дрейф, скачки, сведение и разведение зрительных осей. Анизотропия механических свойств склеры, роговицы и хрусталика. Распределение механических характеристик по области склеры в норме, при близорукости и дальнозоркости. Моделирование глаза и его структур в норме и патологии.
Тема 8. Информационные основы биомеханики уха	Строение уха и его структур. Особенности строения и функционирования структур наружного, среднего и внутреннего уха в норме и патологии. Механические свойства уха и его структур. Экспериментальные исследования функционирования структур уха. Исследование упругих и прочностных свойств структур уха. Действие трансформационного механизма слуховых косточек. Исследование колебаний во внутреннем ухе. Моделирование уха и его структур.
Тема 9. Информационные основы биомеханики вестибулярного аппарата	Строение и функционирование вестибулярного аппарата. Особенности строения и функционирования структур вестибулярного аппарата: полукружных колец, саккулюса и утрикулюса, отолитового аппарата и купулы в норме и патологии. Экспериментальные исследования механических свойств вестибулярного аппарата. Экспериментальные исследования функционирования структур вестибулярного аппарата. Исследования механических свойств купулы и эндолимфы в полукружных каналах. Физическое моделирование структур вестибулярного аппарата. Стендовые испытания. Исследования механических свойств отолитовой мембраны. Математические модели структур вестибулярного аппарата
Тема 10. Информационные основы биомеханики опорно-двигательного аппарата	Строение и функционирование опорно-двигательного аппарата. Структура опорно-двигательного аппарата: кости скелета, соединения костей, мышцы. Механические свойства позвонков, свойства синовиальной жидкости. Анализ кинематики тела человека. Антропометрические параметры частей тела человека. Ограничения на движения в суставах. Схемы и модели структур ОДА.
Тема 11. Информационные основы биомеханики пищеварительной системы	Строение и функционирование органов пищеварения. Строение и функционирование пищеварительного тракта и желез: пищевода, желудка, тонкой и толстой кишки, печени, желчного пузыря, поджелудочной железы в норме и патологии. Экспериментальные исследования механических свойств органов пищеварения. Экспериментальные исследования функционирования органов пищеварительной системы.

	<p>Исследование механических свойств пищевода и желудка.</p> <p>Анализ биомеханической неоднородности пищевода.</p> <p>Модели органов и структур пищеварительной системы</p>
Тема 12. Информационные основы биомеханики выделительной системы	<p>Кожа. Строение и функционирование. Придатки кожи - волосы, ногти, потовые и сальные железы. Кровеносная система кожи. Барьерно-защитные функции кожи.</p> <p>Физиология кровеносной системы. Терморегуляционная функция кожи. Рецепторы кожи. Ощущение тепла и холода, болевая чувствительность.</p> <p>Строение и функционирование мочевых путей. Мочевые пути. Интратенальные мочевые пути. Экстратенальные мочевые пути. Нефрон. Почечные чашечки. Почечная капсула. Мочеточник, строение и кровообращение. Мочевой пузырь, строение, функционирование. Мочеиспускательный канал, строение, функционирование. Гидростатика и гидродинамика транспорта мочи.</p> <p>Модели органов выведения</p>
Тема 13. Информационные основы биомеханики в герниологии	<p>Строение брюшной стенки человека. Предпосылки и механизмы возникновения грыж белой линии живота и паховых грыж. Экспериментальные исследования структур брюшной стенки.</p>
Тема 14. Материалы в биомедицинских системах	<p>Металлы и сплавы Использование чугуна для изготовления базовых деталей медицинского оборудования (оснований хирургических столов, стоматологических кресел, бормаши и т.д.). Углеродистые инструментальные стали, маркировка, применение. Методы защиты от коррозии. Применение тантала для изготовления скрепляющих скобок, а также в качестве шовного материала. Использование сплавов виталиума и комохрома в ортопедической практике — изготовление гвоздей для внутрикостного штифтования, пластинок и винтов для соединения отломков костей. Применение полупроводниковых материалов в медицине. Применение фенопластов и аминопластов в качестве конструкционных материалов для медицинского оборудования. Области использования полиэтилена, полистирола, поливинилхлорида, капрона в медицине. Применение слоистых пластиков, эластомеров и фарфора. Материалы для протезирования. Эндопротезы пожизненного и временного действия. Биодеструкция материалов. Проблема гемосовместимости искусственных органов; биолизация. Использование синтетических клеев. Свойства и особенности использования материалов-имплантантов в хирургической ортопедии и стоматологии.</p>

Лекционные занятия по всем темам проводятся в интерактивной форме (демонстрация слайдов и учебных фильмов).



#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5				
	Моделирование сосудистой системы при различных патологиях	18	6	3
	Моделирование структур сердца	10	4	4
	Моделирование структур глаза	10	4	7
Семестр 6				
	Моделирование структур уха	10	4	8
	Моделирование опорно-двигательного аппарата	20	8	10
Всего		68		

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час	Семестр 6, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	36	20	16
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	12	10	2
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)			

Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	13	10	3
Всего:	61	40	21

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
<b>61</b> <b>Б 37</b>	<b>Бегун, П. И.</b> Моделирование в биомеханике : учебное пособие / П. И. Бегун, П. Н. Афонин. - М. : Высш. шк., 2004. - 390 с. : рис., табл. - Библиогр. в конце глав. - <b>ISBN 5-06-004798-9</b> : 339.90 р.	16
615.47- X13	Хенч Л., Джонс Д. Биоматериалы, искусственные органы и инжиниринг тканей.- М.: Техносфера, 2007	
620.22(075) 615.47(075)- Б 63	Вихров С.П., Холомина Т.А., Бегун П.И., Афонин П.Н. Биомедицинское материаловедение. - М.: Горячая линия Телеком. 2006	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»  
Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.  
Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="http://orthoload.com">http://orthoload.com</a>	База диагностических исследований

8. Перечень информационных технологий  
8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.  
Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

#### 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	
2	Компьютерный класс	1433

#### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену
Дифференцированный зачёт	Список вопросов

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> </ul>

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
	– владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Моделирование дилатации гибким баллоном кровеносного сосуда с бляшкой ранней стадии развития и исследование НДС в его структурах в зависимости от их геометрических параметров и механических свойств.	УК-1.3.1
2	Моделирование дилатации гибким баллоном кровеносного сосуда с бляшкой поздней стадии развития и исследование НДС в его структурах в зависимости от их геометрических параметров и механических свойств	
3	Моделирование кровеносного сосуда со сферической аневризмой и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров и механических свойств сосуда и аневризмы	ПК-2.3.1
4	Моделирование кровеносного сосуда с неосесимметричной аневризмой и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров и механических свойств сосуда и аневризмы	
5	Моделирование левого желудочка сердца с аневризмой и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров и механических свойств левого желудочка и аневризмы	ПК-2.У.1
6	Моделирование левого желудочка сердца с некротизированным участком и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров и механических свойств левого желудочка и некротизированного участка	

7	Моделирование левого желудочка сердца с участком разрыва стенки желудочка и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров и механических свойств левого желудочка и геометрических параметров участка разрыва стенки желудочка	ПК-4.3.1
8	Моделирование левого желудочка сердца с имплантатом и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров и механических свойств левого желудочка и имплантата	
9	Моделирование глазного яблока при компрессии и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров и механических свойств роговицы и склеры	ПК-4.У.1
10	Моделирование глазного яблока при измерении внутриглазного давления по методу Маклакова и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров и механических свойств роговицы и склеры	
11	Моделирование глазного яблока при измерении внутриглазного давления по методу Гольдмана и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров и механических свойств роговицы и склер	ПК-4.В.1
12	Моделирование диска зрительного нерва и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров, механических свойств структур и градиента внутриглазного и внутричерепного давлений	
13	Моделирование барабанной перепонки с перфорациями и определение наиболее благоприятного, с точки зрения НДС, места перфорации	
14	Моделирование барабанной перепонки корригированной после перфорации и исследование НДС в её структурах в зависимости от геометрических параметров, механических свойств структур	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Моделирование перелома большеберцовой кости и исследование НДС в её структурах при различных нагрузках	УК-1.3.1
2	Моделирование перелома лучевой кости и исследование НДС в её структурах при различных нагрузках	
3	Композитные материалы. Требования к композитным материалам, используемым в медицинской технике и медицине.	ПК-2.3.1
4	Способы лечения переломов. Фиксаторы, условия их работы. Материалы фиксаторов. Сравнение свойств кости и имплантата.	
5	Критерии оценки надежности работы конструкций в ортопедии и протезировании	ПК-2.У.1
6	Строение и структура керамики. Требования к керамическим материалам, используемым в медицинской технике и медицине.	
7	Моделирование мочевого пузыря во время открытия внутреннего сфинктера и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров, механических свойств.	ПК-4.3.1
8	Моделирование мочевого пузыря во время открытия внутреннего сфинктера и исследование НДС в его структурах в зависимости от	

	геометрических параметров, механических свойств.	
9	Моделирование мочевого пузыря с патологическим образованием – дивертикулом во время открытия внутреннего сфинктера и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров, механических свойств мочевого пузыря и дивертикула	ПК-4.У.1
10	Моделирование мочевого пузыря с рубцом во время открытия внутреннего сфинктера и исследование НДС в его структурах в зависимости от геометрических параметров, механических свойств мочевого пузыря и рубца	
11	Моделирование белой линии живота с патологическим образованием и исследование НДС в структурах живота с патологическим образованием в зависимости от их геометрических параметров и механических свойств	ПК-4.В.1
12	Материалы искусственных органов. Современные конструкторские решения.	
13	Что предполагает биохимическая совместимость материалов.	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Типы тестовых заданий и инструкции для их выполнения:

1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из трех предложенных и обоснованием выбора (инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа);

2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора (инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов);

3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия (инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце)

4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности (инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо);

5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом (Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ).

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора																
1	1 тип. Что представляет собой интегральный компьютерный метод при моделировании и анализе биологических структур: 1. пакет прикладных программ; 2. морфогенез биологических структур; 3. <b>симбиоз биомеханического компьютерного моделирования и анализа биологических структур по данным клинических исследований.</b>	ПК-2																
2	1 тип. Какое число называют верхним критическим числом Рейнольдса: 1. Число, при котором в случае увеличения скорости жидкости турбулентный режим переходит в ламинарный; 2. <b>Число, при котором в случае увеличения скорости жидкости ламинарный режим переходит в турбулентный;</b> 3. Число, при котором скорости жидкости не меняется.	ПК-4																
3	2 тип. Где возле аортального клапана можно измерять профили скорости ультразвуковым доплеровским методом: 1. <b>Перед клапаном;</b> 2. Внутри клапана; 3. <b>За клапаном</b> 4. Нельзя измерять.	ПК-2																
4	2 тип. От чего зависит преломляющая сила оптической системы глаза: 1. От толщины роговицы; 2. <b>От радиуса кривизны преломляющих поверхностей (роговица, хрусталик);</b> 3. <b>От расстояния между роговицей и хрусталиком;</b> 4. От количества пигмента в радужной оболочке.	ПК-4																
5	3 тип. Установите соответствия: <table><tr><td>1</td><td>статическое моделирование</td><td>а</td><td>состояние системы в определённый момент времени</td></tr><tr><td>2</td><td>динамическое моделирование</td><td>б</td><td>поведение, изменение и развитие системы во времени</td></tr><tr><td>3</td><td>гипотетическое моделирование</td><td>в</td><td>предположения о функциях элементов и их связях</td></tr><tr><td>4</td><td>физическое моделирование</td><td>г</td><td>Исследование на аналогах с переносом свойств и определением корреляционных зависимостей</td></tr></table>	1	статическое моделирование	а	состояние системы в определённый момент времени	2	динамическое моделирование	б	поведение, изменение и развитие системы во времени	3	гипотетическое моделирование	в	предположения о функциях элементов и их связях	4	физическое моделирование	г	Исследование на аналогах с переносом свойств и определением корреляционных зависимостей	ПК-2
1	статическое моделирование	а	состояние системы в определённый момент времени															
2	динамическое моделирование	б	поведение, изменение и развитие системы во времени															
3	гипотетическое моделирование	в	предположения о функциях элементов и их связях															
4	физическое моделирование	г	Исследование на аналогах с переносом свойств и определением корреляционных зависимостей															

6	3 тип. Установите соответствия:				ПК-4
	1	математическое моделирование	а	создание математического описания объекта	
	2	Компьютерное моделирование	б	разработка модели объекта с помощью компьютерных программ	
	3	Компьютерный эксперимент	в	Параметрическое исследование модели объекта	
	4	Компьютерный анализ	г	изучение результатов моделирования системы	
7	4 тип. Установите последовательность создания модели биообъекта: а) Изучение особенностей объекта; б) Создание содержательной модели объекта; в) Построение трехмерной геометрической модели с помощью компьютерных программ.				ПК-2
8	4 тип. Установите последовательность проведения компьютерного анализа биообъекта: а) Задать механические свойства объекта; б) Определить контакт составляющих модели и их связь между собой; в) Задать ограничения и нагрузки.				ПК-4
9	5 тип. Что представляет собой биологическая ткань?				ПК-2
10	5 тип. Перечислите особенности биомеханического моделирования биологических систем.				ПК-4

Система оценивания тестовых заданий:

1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из трех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.



5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \неточность \ ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал сопровождается демонстрацией слайдов и проведением коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ

Комплекс решаемых задач охватывает все пройденные разделы. Студент получает задание с индивидуальными параметрами в соответствии с номером варианта. Лабораторная работа проводится в соответствии с инструкциями преподавателя, озвученными перед началом выполнения работы.

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет составляется каждым студентом индивидуально.

При оформлении отчета при выполнении практической работы в компьютерном классе в нем должны быть представлены следующие разделы:

- 1 Цель работы
- 2 Порядок и методика выполнения работы
- 3 Обработка результатов составленных студентом исследований
- 4 Схемы моделей или таблицы, иллюстрирующие исследования
- 5 Анализ результатов и выводы по работе.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

При оформлении отчета при выполнении практической работы на лабораторной установке в отчете должен быть оформлен титульный лист, принятого в ГУАП образца, должны быть представлены в указанной последовательности следующие разделы:

- 1 Цель работы;
- 2 Схемы моделей,
- 3 Порядок или методика выполнения работы;
- 4 Результаты выполненных измерений;
- 5 Обработка результатов эксперимента;
- 6 Анализ результатов и выводы по работе.

### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения

и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится в устной форме по вопросам из списка вопросов к экзамену. Аттестационная оценка «отлично» выставляется если вопрос раскрыт полностью, приведены примеры, «хорошо» - вопрос раскрыт не достаточно широко, «удовлетворительно» - вопрос раскрыт не полностью, но указаны основные этапы моделирования, «неудовлетворительно» - вопрос не раскрыт.

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Дифференцированный зачет выставляется по итогам защиты отчетов лабораторных работ. Оценка «отлично» - исследование выполнено, студент показывает полное понимание работы, «хорошо» - исследование выполнено, обоснования результатов нет, «удовлетворительно» - исследование выполнено не полностью, «неудовлетворительно» - исследование не выполнено.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой