

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 08 » ноября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Современные проблемы биомеханики  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 252 (7)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.03 Прикладная механика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Биомеханика  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков компьютерного моделирования живых систем.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Организм человека как многоуровневая биомеханическая система, искусственные заменители живых органов и тканей в процессе развития организма человека, биомеханические модели различных органов и систем организма, начально-краевые задачи для живых систем

### 1.3. Входные требования

Теория пластичности и ползучести.  
Термодинамика биосистем.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знать: -структуру и функциональное поведение тканей и отдельных органов; -существующие математические модели поведения тканей, отдельных органов и их искусственных заменителей.	Знает основные методы и подходы к построению математических моделей различных объектов исследования с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды.	Тест
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Уметь: -формулировать задачи моделирования поведения отдельных органов и тканей пользуясь аппаратом механики сплошной среды.	Умеет выделять из рассматриваемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели.	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеть: - навыками разработки математических моделей поведения тканей и отдельных органов и их искусственных заменителей.	Владеет навыками построения математических моделей рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели.	Курсовая работа
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знать: -программные пакеты ANSYS и MATLAB и способы реализации в них задач биомеханики	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средств представления результатов для численного решения задач механики.	Тест
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Уметь: - разработать математическую модель поведения тканей и отдельных органов и их искусственных заменителей. -исследовать поведение тканей и отдельных органов и их искусственных заменителей с помощью существующих математических моделей; -формулировать прикладные задачи биомеханики тканей и отдельных органов и находить эффективные способы их решения.	Умеет осуществлять численное решение задачи механики с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять качественный анализ результатов расчета.	Тест
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеть: - навыками разработки численного решения задач согласно существующим моделям поведения тканей, отдельных органов и их искусственных заменителей.	Владеет навыками численного решения задач механики с использованием современных эффективных методов и средств, а также выполнять качественный анализ результатов расчета.	Экзамен
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знать: -методы определения	Знает основные методы анатомио-физиологических	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		физических свойств отдельных тканей, органов и их искусственных заменителей.	исследований человеческого организма, его органов и систем; участвовать в работах по исследованию физико-механических свойств биоматериалов и их заменителей; современные математические и биомеханические модели живых структур, определяющие соотношения для живых тканей с учётом ростовых деформаций и адаптационной способности.	
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Уметь: -исследовать физические свойства и поведение отдельных органов и тканей посредством численного эксперимента.	Умеет самостоятельно выполнять научные исследования в области биомеханики и биомедицинской инженерии, включая анатомио-физиологические исследования человеческого организма, его органов и систем, а также физико-механические свойства биоматериалов и их заменителей; разрабатывать, адаптировать и анализировать математические и биомеханические модели живых структур, определяющие соотношения для живых тканей.	Тест
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеть: -навыками исследования поведения тканей и отдельных органов и их искусственных заменителей с помощью существующих математических моделей.	Владет навыками проведения анатомио-физиологических исследований человеческого организма, его органов и систем, работ по исследованию физико-механических свойств биоматериалов и их заменителей; владеет навыками создания, адаптации и анализа	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			математических и биомеханических моделей живых структур, а также определяющих соотношений для живых тканей с учётом ростовых деформаций и адаптационной способности.	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	74	45	29
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	25	16	9
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	45	27	18
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	106	63	43
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	72	36	36
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	252	144	108

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
1-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Введение в биомеханику	8	0	15	36
Тема 1. Биомеханика как междисциплинарная наука о живых системах. Математические модели, применяемые в современной биомеханике. Тема 2. Принципы решения иллюстративных задач биомеханики. Тема 3. История развития биомеханики с античности до наших дней. Тема 4. Сходство и отличие математических моделей в биомеханике от моделей в неживой природе, определяющие соотношения для различных тканей.				
Практические задачи	8	0	12	27
Тема 1. Ростовые деформации в живых тканях. Тема 2. Закон Вольфа об адаптационной способности живых тканей. Тема 3. Различные математические формулировки закона Вольфа.				
<b>ИТОГО по 1-му семестру</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>63</b>
<b>2-й семестр</b>				
Роль остаточных напряжений в биомеханике	9	0	18	43
Тема 1. Остаточные напряжения, перестройка и разрушение живых тканей и биоматериалов. Тема 2. Постановка краевой задачи определения остаточных напряжений. Перестройка кости с учетом остаточных напряжений. Эксперименты по определению остаточных напряжений. Напряжения в мягких тканях. Тема 3. Явление накопления повреждений и залечивание повреждений в живых тканях.				
<b>ИТОГО по 2-му семестру</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>43</b>
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>106</b>

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Модель Гарвея большого круга кровообращения
2	Усилие в Ахилловом сухожилии
3	Методы лечения сколиоза
4	Методы лечения радикулита
5	Формулирование определяющих соотношений для различных живых тканей
6	Обзор экспериментальных и вычислительных методов, применяемых в современной биомеханике

## Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Моделирование поведения суставного диска при жевательных нагрузках.
2	Определение усилий в жевательных мышцах ВНЧС при сагиттальной окклюзии.
3	Определение напряжений в протезе бедренной кости.
4	Центр вращения и центр сопротивления зуба.
5	Анализ гиперупругих моделей.

### 5. Организационно-педагогические условия

#### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

#### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

### 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

#### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Бегун П. И. Биомеханика : учебник для вузов / П. И. Бегун, Ю. А. Шукейло. - Санкт-Петербург: Политехника, 2000.	31
2	Бегун П.И. Моделирование в биомеханике : учебное пособие для вузов / П.И. Бегун, П.Н. Афонин. - Москва: Высш. шк., 2004.	47
3	Биофизика : учебник для вузов / В. Ф. Антонов [и др.]. - Москва: Владос, 2003.	20
4	Няшин Ю. И. Основы биомеханики : учебное пособие / Ю. И. Няшин, В. А. Лохов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	71
5	Экспериментальные методы в биомеханике : учебное пособие / Ю. И. Няшин [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	71
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Теоретическая механика и её приложения к решению задач биомеханики : учебное пособие / Р. Н. Рудаков [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	25
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Российский журнал биомеханики / Российская академия наук, Уральское отделение ; Пермский научный центр ; Российская академия медицинских наук ; Пермский край. Администрация ; Пермский государственный технический университет ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. Ю. И. Няшина. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1997 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Экспериментальные методы в биомеханике. Под редакцией Ю.И. Няшина, Р.М. Подгайца. – ПГТУ, 2008. – 399 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2827">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2827</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Ю.И. Няшин, В.А. Лохов. Основы биомеханики. – ПГТУ, 2008. – 210 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2869">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2869</a>	сеть Интернет; свободный доступ



### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Компьютер в комплекте	7
Лекция	Мультимедийный комплекс в составе: экран, проектор, ноутбук	1
Практическое занятие	Компьютер в комплекте	7

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------