

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

« 27 » января 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Биомеханика  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 288 (8)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.03.03 Прикладная механика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Прикладная механика (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Подготовить специалистов к изучению основных современных тенденций биомеханики, к освоению современных вычислительных методов биомеханики, к постановке и решению практических задач современной биомеханики.

### 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

Не предусмотрены

## 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-2.2	ИД-1ПК-2.2	Умеет применять численные методы для решения задач о расчете напряженно-деформированного состояния живых тканей	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средства представления результатов для проведения инженерных расчетов и исследовательских работ в прикладной механике	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Умение создавать математические модели для живых систем (костная ткань, мягкие ткани). Умение использовать современные программные средства при проведении расчетов	Умеет создавать и использовать компьютерные модели материалов и конструкций для проведения инженерных расчетов в различных областях техники с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять анализ результатов расчета	Зачет
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Умение анализировать и верифицировать полученные результаты при решении задач биомеханики	Владеет навыками верификации компьютерных моделей на основе экспериментальных данных при решении задач прикладной механики	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	106	72	34
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	44	34	10
- лабораторные работы (ЛР)	56	36	20
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	2	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	146	108	38
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	288	216	72

#### 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	СРС
7-й семестр				
Решение иллюстративных задач биомеханики	8	8	0	26
Тема 1. Введение в биомеханику. Отличия в механике живых и неживых систем. Тема 2. Задача Гарвея, большой круг кровообращения, количественная оценка выброса крови Тема 3. Задача об Ахилловом сухожилии, разрыв ахиллова сухожилия, голеностоп, методы лечения Тема 4. Аппарат Рассела, аппарат Рассела, опорно-двигательный аппарат, Тема 5. Модели лечения сколиоза, лечение сколиоза, искривление позвоночника, кифоз, лордоз				
Учет ростовых деформаций	10	10	0	32
Тема 6. Рост и перестройка, адаптация ткани, костная ткань Тема 7. Краевая задача определения ростовых деформаций, граничные условия, рост, перестройка Тема 8. Определяющие соотношения для роста изотропного тела, рост, перестройка Тема 9. Закон Вольфа, адаптация, рост, воспринимаемые нагрузки, костная ткань				
Остаточные напряжения в живых тканях	16	18	0	50
Тема 10. Задача об оптимальном сечении трубчатой кости при кручении, оптимизация, остаточные напряжения Тема 11. Остаточные напряжения в живых тканях. Экспериментальное определение. остаточные напряжения, экспериментальное определение, живые ткани Тема 12. Краевая задача для определения остаточных напряжений, граничные условия, остаточные напряжения Тема 13. Задача об остаточных напряжениях у кролика, остаточные напряжения, костная ткань, экспериментальное определение Тема 14. Задача об остаточных напряжениях в позвоночнике быка, остаточные напряжения, экспериментальное определение, позвоночник Тема 15. Задача о накоплении повреждений, накопление повреждений, оценка предельных допустимых нагрузок, залечивание повреждений				
ИТОГО по 7-му семестру	34	36	0	108
8-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
Биомеханика сердечно-сосудистой и кровеносной системы	10	20	0	38
Тема 16. Определяющие соотношения для крови, течение крови, определяющие соотношения Тема 17. Модель Отто-Франка течения крови, артериальное давление, систола, диастола Тема 18. Резистивная модель кровяных сосудов, аналогия с законом Ома Тема 19. Модель Старлинга течения крови в капиллярах, течение крови, система капилляров, объема количества крови Тема 20. Фильтрационно-реабсорбционные процессы в капиллярах				
ИТОГО по 8-му семестру	10	20	0	38
ИТОГО по дисциплине	44	56	0	146

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Численное решение задачи биомеханики
2	Моделирование перестройки костной ткани
3	Накопление повреждений в живых тканях
4	Моделирование микроциркуляции

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	История развития биомеханики с античности до наших дней. Вклад ученых различных стран в развитие биомеханики, в частности, российских ученых.
2	Определяющие соотношения для различных моделей сплошной среды.
3	Элементарные примеры накоплений повреждений в органах и тканях и их залечивание

## 5. Организационно-педагогические условия

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

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление 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.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

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, лабораторным работам 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., Афонин П.Н. Моделирование в биомеханике : учебное пособие для вузов. Москва : Высш. шк., 2004. 390 с.	46
2	Няшин Ю. И., Лохов В. А. Основы биомеханики : учебное пособие. Пермь : ПГТУ, 2007. 209 с.	70

3	Экспериментальные методы в биомеханике : учебное пособие / Няшин Ю. И., Подгаец Р. М., Тютюнщикова В. Д., Акулич Ю. В. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 398 с.	70
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Biomechanics at Micro- and Nanoscale Levels / The Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan; Ed. by H. Wada .— New Jersey : World Scientific, 2005-2007 (Singa-pore) .— ISBN 978-9-8127-0814-4. – Vol. 1 .— 2005 .— 173 p.	1
2	Biomechanics at Micro- and Nanoscale Levels / The Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan; Ed. by H. Wada .— New Jersey : World Scientific, 2005-2007 (Singa-pore). – ISBN 978-9-8127-0814-4. – Vol. 4 .— 2007 .— 172 p.	1
3	Biomechanics. Mechanical Properties of Living Tissues / Y. C. Fung .— 2 ed .— New York : Springer-Verl., 1993 .— 568 p.	3
4	Brinckmann P., Frobin W., Leivseth G. Musculoskeletal Biomechanics : 244 illustrations. Stuttgart New York : Thieme, 2002. 243 p.	2
5	Modeling of Physiological Flows / Ed. by D. Ambrosi .— Milano : Springer-Verlag, 2012 .— 414 с.	1
6	The World of Nano-Biomechanics. Mechanical Imaging and Measurement by Atomic Force Microscopy / A. Ikai [it el.]. – Amsterdam : Elsevier, 2008 .— 283 p.	1
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Российский журнал биомеханики. Пермь : Изд-во ПГТУ, 1997 - .	50
<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	Няшин Ю. И. Основы биомеханики : учебное пособие для вузов / Ю. И. Няшин, В. А. Лохов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=835">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=835</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Экспериментальные методы в биомеханике : учебное пособие / Ю. И. Няшин [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=376">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=376</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	MS Windows 11 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
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>
База данных компании EBSCO	<a href="https://www.ebsco.com/">https://www.ebsco.com/</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
Лабораторная работа	Компьютер в комплекте	7
Лекция	Мультимедиа комплект в составе: ноутбук, проектор	1

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

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