



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

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры


А.А. Селянинов
д.т.н., профессор кафедры ВММБ

« 20 » « мая » 2022 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

«Биомеханика костной системы»

Научная специальность	1.1.10. Биомеханика и биоинженерия
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Биомеханика и биоинженерия
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Вычислительная математика, механика и биомеханика (ВММБ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен:	Зачет:4
	Диф.зачет

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Биомеханика костной системы» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области биомеханики костной системы.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Биомеханика костной системы» является дисциплиной по выбору вариативной части цикла базового учебного плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.1.10. Биомеханика и биоинженерия и выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- структуру, состав и механические свойства костной ткани;
- методы математического моделирования движения костной системы как системы твердых тел и поведения живой костной ткани под воздействием лечебной нагрузки и технологию их компьютерной реализации.

Уметь:

- построить матричную модель движения фрагментов скелета как разомкнутой системы твердых тел;
- осуществить математическую постановку задачи медицинской биомеханики костной системы с учетом влияния протеза, имплантата, тренажера.

Владеть:

- программными средствами количественных измерений плотности, пористости, размеров пор, площади внутренней поверхности пор, характеристик анизотропии спонгиозной костной ткани по цифровому изображению поверхности образца костной ткани;

- компьютерными средствами обработки томографических снимков кости для построения её пространственной конечно-элементной модели.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		4 семестр
1	Аудиторная работа	21
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	16
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
	Самостоятельная работа (СР)	51
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Биомеханика системы скелета и костной ткани

(Л – 0, ПР – 10, СР – 24)

Тема 1. Метод матричного моделирования кинематики и динамики костной системы как системы твердых тел.

Ключевые слова: специальная система координат; матрицы положения, скорости и ускорения точки (частицы кости); матрицы угловой скорости и углового ускорения тела (кости). Прямая и обратная задачи кинематики; матричная форма уравнений Лагранжа II рода; прямая и обратная задача динамики; методы вычисления усилий мышц.

Тема 2. Костная ткань как растущий биокompозит с клеточной регуляцией внутренней структуры и формы кости.

Ключевые слова: методы определения количественных характеристик состава, структуры и механических свойства костной ткани *in vitro*; биологические свойства костной ткани (*in vivo*): рост, ремоделирование, адаптация; биологические факторы, влияющие на механические и биологические свойства костной ткани (возраст, пол, раса); стимулы и определяющие соотношения роста и адаптации.

Раздел 2. Начально-краевые задачи биомеханики костей скелета, встречающиеся в медицинской практике

(Л – 0, ПР – 11, СР – 27)

Тема 3. Концептуальная и математическая постановки начально-краевых задач роста и адаптации. Примеры.

Ключевые слова: проблемы детской стоматологии (расщелина нёба); дисплазия тазобедренного сустава; проблемы адаптации костной ткани к нагрузкам от фиксирующих устройств, имплантатов и эндопротезов в общей травматологии.

Тема 4. Уравнения начально-краевой задачи управления ростовыми деформациями при лечении расщелины нёба, дисплазии тазобедренного сустава.

Ключевые слова: начально-краевая задача; ростовые деформации; адаптационные изменения структуры; механические свойства костной ткани в послеоперационном периоде при лечении переломов костей.

4.2. Перечень тем практических занятий

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Динамические характеристики костной системы: вектор обобщенных сил, кинетическая и потенциальная энергии, матрица масс. Уравнения Лагранжа 2-го рода в матричной форме	Собеседование Творческое задание	Вопросы по темам / разделам дисциплины Темы творческих заданий
2	2	Моделирование адаптации костной ткани к нагрузкам от фиксирующих устройств, устанавливаемых травматологом для лечения переломов шейки бедра	Собеседование Творческое задание	Вопросы по темам / разделам дисциплины Темы творческих заданий

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Прямая и обратная задачи кинематики (на примере руки хирурга)	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	1	Задача управления ростовой деформацией при лечении расщелины нёба у детей	Творческое задание	Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Биомеханика костной системы» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается 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, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
---	--	--

1	2	3
1 Основная литература		
1	Ю.И. Няшин, В.А. Лохов. Основы биомеханики// ПГТУ, 2008. – 210 с.	100+эб
2	Экспериментальные методы в биомеханике. Под редакцией Ю.И. Няшина, Р.М. Подгайца // ПГТУ, 2008. – 399 с.	120+эб
3	Биофизика. Под редакцией В.Ф. Антонова // М.: Владос, 2003. – 2-е изд., испр. и доп. – 287 с.	72
4	П.И. Бегун, Ю.А. Шукейло. Биомеханика // С.-Петербург: Политехника, 2000. – 464 с.	45
5	П.И. Бегун, П.Н. Афонин. – Моделирование в биомеханике // М.: Высшая школа, 2004. – 392 с.	80
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Р.Н. Рудаков, Ю.И. Няшин, О.Р. Ильялов, Р.М. Подгаец Теоретическая механика и ее приложения к решению задач биомеханики // ПГТУ, 2010. – 141 с.	25+эб
2.2 Периодические издания		
1	Российский журнал биомеханики, 1997-2022	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	не использ.	
2.4 Официальные издания		
1	не преусмотр.	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10	Оперативное управление	405 корп. В
2	Видеопроектор, экран	1	Оперативное управление	407 корп. В

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

• Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

• Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

• **Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачета:**

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл.

5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
Зачтено	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p>
Незачтено	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень творческих заданий, контрольных вопросов и заданий для оценивания результатов обучения по дисциплине «Биомеханика костной системы» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Определить напряжения возникающие в Ахилловом сухожилии.
2. Провести расчет ростовых деформаций для двух независимых стержней.

Типовые контрольные вопросы:

1. Механические параметры костной ткани.

2. Строение костной ткани.

Типовые контрольные задания:

1. Исследовать костную ткань с помощью расчетных методов.
2. Получить и проанализировать интенсивность напряжений в конечно-элементной модели височно-нижнечелюстного сустава.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ВММБ».

Программа

Биомеханика и биоинженерия

Кафедра

Вычислительная математика, механика и
биомеханика

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

«Биомеханика костной системы»

БИЛЕТ № 1

1. Определяющие соотношения для ростовых деформаций.
2. Рассказать о примечании закона Вольфа для изучения формы различных костей животных и человека в зависимости от воспринимаемой нагрузки.
3. Рассказать об остаточных напряжениях в костной ткани.

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

Фамилия И.О.

« ____ » _____ 202 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		