

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям


О.Г. Прохоренко
«05» июля 2023 г.

Регистрационный № УД – 12156/уч.



Общая биомеханика

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование


2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 02-2021, утвержденного 25.04.2022 г. № 98, типового учебного плана № G31-1-025/пр-тип. от 30.06.2021 г., учебных планов № G31-1-029/уч., № G31-1-029/уч. СИБД от 30.06.2021 г., № G31-1-209/уч., № G31-1-209/уч. СИБД от 22.03.2022 г

СОСТАВИТЕЛИ:

Ботогова Марина Георгиевна – доцент кафедры био- и наномеханики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

Никитин Андрей Викторович –старший преподаватель кафедры био- и наномеханики механико-математического факультета Белорусского государственного университета

РЕЦЕНЗЕНТ:

Василевич Юрий Владимирович - заведующий кафедрой теоретической механики и механики материалов Белорусского национального технического университета, доктор физико-математических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой био- и наномеханики
(протокол № 10 от 25.05.2023)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 9 от 29.06.2023)

Заведующий кафедрой
Доктор физико-математических наук,
профессор



Г.И. Михасев

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Общая биомеханика»: исследование движений человека (спортсмена) аналитическими методами механики с помощью кинематических и динамических моделей, заменяющих опорно-двигательный аппарат; изучение применения математических и физических моделей тела человека и отдельных его систем при разработке и аттестации средств защиты человека; выработка навыков практического использования математических пакетов Mathcad, Mathematica для исследования движений человека, изучение современных методик биомеханического моделирования I длинных костей опорно-двигательного аппарата с учетом внутренней структуры костной ткани

Образовательная цель: формирование у студентов целостного представления о предмете биомеханика, изучение биомеханических характеристики тела человека и его движений;

Развивающая цель: ознакомление с основными задачами и проблемами, возникающими в современной медицине.

Задачи учебной дисциплины:

- построение простейших математических моделей опорно-двигательной системы человека;
- формирование у студентов знаний основных законов механики, термодинамики и теории информации, необходимых для моделирования биомеханических систем.
- выработка навыков практического использования современных CAD/CAE-пакетов для исследования напряженно-деформированного состояния протеза при проведении операции эндопротезирования крупных суставов.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Общая биомеханика» относится к циклу дисциплин специализации компонента учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами

Программа учебной дисциплины «Общая биомеханика» составлена с учетом межпредметных связей и программ по смежным дисциплинам. Ее изучение базируется на знаниях из дисциплин «Теоретическая механика», «Теория упругости», «Компьютерная механика».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Общая биомеханика» должно обеспечить формирование следующих универсальных, базовых профессиональных и специализированных компетенций.

Универсальные компетенции:

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

УК-2. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий;

УК-3. Осуществлять коммуникации на иностранном языке для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия;

УК-4. Работать в команде, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные, культурные и иные различия;

УК-5. Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

Базовые профессиональные компетенции:

БПК-1. Применять основные законы и методы естественнонаучных дисциплин для решения теоретических и практических задач в профессиональной деятельности;

БПК-2. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей, организовывать работу коллективов исполнителей для достижения поставленных целей

БПК-3. Применять нормы международного и национального законодательства в процессе создания и реализации объектов интеллектуальной собственности;

БПК-4. Применять понятия и методы вещественного, комплексного и функционального анализа для изучения моделей окружающего мира;

БПК-5. Применять современные технологии и базовые конструкции языков программирования для реализации алгоритмических прикладных задач;

БПК-6. Использовать основополагающие понятия, определения и теоремы физики при решении задач механики и физики;

Специализированные компетенции:

СК-4. Применять математический аппарат при исследовании задач механики.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- предмет биомеханики;
- биомеханические характеристики тела человека и его движений;
- общее строение опорно-двигательного аппарата человека;
- знать, как используются физические и математические модели при исследовании прочности организма человека;
- основы работы в системе конечно-элементного моделирования ANSYS WORKBENCH.

уметь:

- рассчитывать центр тяжести тела человека и его сегментов, используя уравнения регрессии;
- исследовать движения человека (спортсмена) аналитическими методами механики с помощью кинематических и динамических моделей, заменяющих опорно-двигательный аппарат.

владеть:

- навыками работы с современными программными средствами численного

решения математических и прикладных задач.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5 и 6 семестрах. Всего на изучение учебной дисциплины «Общая биомеханика» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 135 часов, в том числе 90 аудиторных часов, из них:

5 семестр: 36 аудиторных часов, из них: лекции – 12 часов, лабораторные занятия – 22 часа, управляемая самостоятельная работа – 2 часа.

6 семестр: 54 аудиторных часов, из них: лекции – 16 часов, лабораторные занятия – 36 часов, управляемая самостоятельная работа – 2 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет в 6 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Биомеханические характеристики тела человека и его движений.

1.1. Кинематические характеристики. Системы отсчета расстояний и времени: начало, направление и единицы отсчета. Тела отсчета инерциальные и неинерциальные. Пространственные характеристики: положения – координаты точки, тела и системы тел (линейные и угловые) и движения – траектория точки (путь, перемещение, кривизна и ориентация траектории, положения: начальное, промежуточное и конечное). Поступательное и вращательное движение тела. Траектории прямолинейные и криволинейные (постоянного и переменного радиуса кривизны). Временные характеристики: момент времени, длительность движения тела и его частей, темп и ритм движений. Пространственные характеристики: скорости и ускорения точек и звеньев тела человека. Использование характеристик при биомеханическом обосновании спортивной техники. Скорости, ускорения. Индексный метод описания поз и движений тела человека. Упрощенная кинематическая схема тела.

1.2. Динамические характеристики. Инерционные характеристики тела человека: масса, центр масс, момент инерции тела, радиус инерции. Силовые характеристики: сила и момент силы, импульс силы и момента силы, количество движения и кинетический момент. Энергетические характеристики: работа силы, кинетическая и потенциальная энергия, энергия упругой деформации, мощность, коэффициент полезного действия.

Тема 2. Строение и функции биомеханической системы двигательного аппарата человека.

Опорно-двигательный аппарат человека. Пассивная (скелет) и активная (мышцы и суставы) части ОДА. Биомеханические пары и цепи (незамкнутые, замкнутые, разветвленные). Степени свободы и связи в биокинематических цепях. Звенья тела как рычаги и маятники. Рычаги в биокинематических цепях. Условия равновесия и ускорения костных рычагов. Биодинамика мышц. Современная модель мышцы. Механические свойства мышц. Механика мышечного сокращения. Влияние внешнего сопротивления на механические показатели мышечного сокращения. Зависимость энергопродукции мышечного сокращения от биомеханических показателей, преодолеваемого сопротивления и скорости. Уравнение Хилла. Строение биомеханической системы. Звенья биокинематических цепей. Механизмы соединений.

Тема 3. Использование физических и математических моделей для исследования прочности организма человека.

Моделирование кинематики тела человека при инерционных, контактных и аэродинамических воздействиях. Моделирование позвоночника человека. Расчетная оценка экстремальных ситуаций. Моделирование ударного контактного нагружения. Оптимизация средств защиты. Моделирование движения гимнаста с учетом упругой опоры.

Тема 4. Многозвенная антропоморфная система с многокомпонентными элементами структуры

Составление уравнений движения многозвенной биомеханической системы на основе общих теорем. Составление уравнений движения произвольной многозвенной динамической системы с деформируемыми элементами структуры с использованием формализма Лагранжа. Модель и уравнения движения стержневой биомеханической системы с деформируемыми элементами структуры. Определение модулей упругости элементов механической системы

Тема 5. Функции и физиология длинных костей.

Биомеханические процессы в больших суставах. Математическая модель бедренной кости как двухмерная модель твердого тела. Условия нагруженности бедренной кости для разных фаз ходьбы.

Тема 6. Биомеханика тазобедренного сустава. Строение и диапазоны движений согласно анатомическим осям

Функции и физиология тазобедренного сустава. Биомеханические процессы тазобедренного сустава. Математическая модель тазовой кости как двухмерная модель твердого тела. Условия нагруженности тазовой кости для положения стоя на одной ноге. Математическая модель тазобедренного сустава как двухмерная модель твердого тела

Тема 7. Биомеханика коленного сустава. Строение и виды движений согласно анатомическим осям.

Функции и физиология коленного сустава. Биомеханические процессы коленного сустава. Математическая модель коленного сустава в сагиттальной плоскости как двухмерная модель твердого тела. Моделирование связок и сухожилий коленного сустава с помощью пружинных элементов. Математическая модель костей нижних конечностей. Условия нагруженности нижних конечностей для положения стоя на одной ноге.

Тема 8. Структура костей и их классификация. Механические свойства костной ткани. Закон Вольфа.

Анатомическое строение трубчатых костей их функции и физиология. Основные механические характеристики костей. Закон Вольфа. Математическая модель тазобедренного сустава как двухмерная модель твердого тела, учитывающая различные типы костных тканей.

Тема 9. Переломы костей их виды. Механизм заживления переломов и типы фиксации перелома.

Классификация переломов трубчатых костей и типы их фиксации. Механизмы сращения переломов. Математическая модель нижних конечностей с фиксированным переломом бедренной кости. Двухмерная реконструкция перелома с помощью пластины остеосинтеза и костных винтов. Условия нагруженности и граничные условия для перелома большеберцовой кости.

Тема 10. Патология суставов нижних конечностей. Эндопротезирование суставов и их виды.

Виды и формы патологии нижних суставов. Физиология развития артрита больших суставов. Виды эндопротезирования крупных суставов. Математическая модель бесцементного эндопротеза тазобедренного сустава. Двухмерная реконструкция операции эндопротезирования тазобедренного сустава бесцементным эндопротезом. Условия нагруженности и граничные условия для эндопротезированного тазобедренного сустава.

Тема 11. Методы лучевой диагностики. Принцип работы компьютерной томографии. Шкала Хаунсфилда.

Принцип действия рентгеновского излучения и компьютерной томографии. Шкала Хаунсфилда. Математическая модель нижних конечностей с эндопротезированным тазобедренным суставом и фиксированным переломом бедренной кости с помощью пластины остеосинтеза и костных винтов. Расчет двухмерной модели нижних конечностей.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов по УСП	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5 семестр							
1	Биомеханические характеристики тела человека и его движений.	4			4		2	
1.1	Кинематические характеристики. Системы отсчета расстояний и времени: начало, направление и единицы отсчета. Тела отсчета инерциальные и неинерциальные. Пространственные характеристики: положения – координаты точки, тела и системы тел (линейные и угловые) и движения – траектория точки (путь, перемещение, кривизна и ориентация траектории, положения: начальное, промежуточное и конечное). Поступательное и вращательное движение тела. Траектории прямолинейные и криволинейные (постоянного и переменного радиуса кривизны). Временные характеристики: момент времени, длительность движения тела и его частей, темп и ритм движений. Пространственные характеристики: скорости и ускорения точек и звеньев тела человека. Использование характеристик при биомеханическом обосновании спортивной техники. Скорости, ускорения. Индексный метод описания поз и движений тела человека. Упрощенная кинематическая схема тела.	2			2			Собеседование
1.2	Динамические характеристики. Инерционные характеристики тела человека: масса, центр масс, момент инерции тела, радиус инерции. Силовые характеристики: сила и момент силы, импульс силы и момента силы, количество движения и кинетический момент. Энергетические характеристики: работа силы, кинетическая и потенциальная энергия, энергия упругой деформации, мощность, коэффициент полезного действия.	2			2			
2	Строение и функции биомеханической системы двигательного аппарата чело-	2			2			

	века.						
	Оппорно-двигательный аппарат человека. Пассивная (скелет) и активная (мышцы и суставы) части ОДА. Биомеханические пары и цепи (незамкнутые, замкнутые, разветвленные). Степени свободы и связи в биокинематических цепях. Звенья тела как рычаги и маятники. Рычаги в биокинематических цепях. Условия равновесия и ускорения костных рычагов. Биодинамика мышц. Современная модель мышцы. Механические свойства мышц. Механика мышечного сокращения. Влияние внешнего сопротивления на механические показатели мышечного сокращения. Зависимость энергопродукции мышечного сокращения от биомеханических показателей, преодолеваемого сопротивления и скорости. Уравнение Хилла.	2			2		Собеседование
3	Использование физических и математических моделей для исследования прочности организма человека.				4		
	Моделирование кинематики тела человека при инерционных, контактных и аэродинамических воздействиях. Моделирование позвоночника человека. Расчетная оценка экстремальных ситуаций. Моделирование ударного контактного нагружения. Оптимизация средств защиты. Моделирование движения гимнаста с учетом упругой опоры.				4		Отчет по лабораторным работам
4	Многозвенная антропоморфная система с многокомпонентными элементами структуры				4	2	
	Составление уравнений движения многозвенной биомеханической системы на основе общих теорем. Составление уравнений движения произвольной многозвенной динамической системы с деформируемыми элементами структуры с использованием формализма Лагранжа.				4	2	Контрольная работа
5	Функция и физиология длинных костей.	2			2		
	Биомеханические процессы в больших суставах. Математическая модель бедренной кости как двухмерная модель твердого тела. Условия нагруженности бедренной кости для разных фаз ходьбы.	2			2		
6	Биомеханика тазобедренного сустава. Строение и диапазоны движений согласно анатомическим осям.	4			6		
	Функции и физиология тазобедренного сустава. Биомеханические процессы тазобедренного сустава. Математическая	4			6		Собеседование

	модель тазовой кости как двухмерная модель твердого тела. Условия нагруженности тазовой кости для положения стоя на одной ноге. Математическая модель тазобедренного сустава как двухмерная модель твердого тела						
	6 семестр						
7	Биомеханика коленного сустава. Строение и виды движений согласно анатомическим осям.	4			6		
	Функции и физиология коленного сустава. Биомеханические процессы коленного сустава. Математическая модель коленного сустава в сагиттальной плоскости как двухмерная модель твердого тела. Моделирование связок и сухожилий коленного сустава с помощью пружинных элементов. Математическая модель костей нижних конечностей. Условия нагруженности нижних конечностей для положения стоя на одной ноге.	4			6		Опрос
8.	Структура костей и их классификация. Механические свойства костной ткани. Закон Вольфа.	2			6		
	Анатомическое строение трубчатых костей их функции и физиология. Основные механические характеристики костей. Закон Вольфа. Математическая модель тазобедренного сустава как двухмерная модель твердого тела, учитывающая различные типы костных тканей.	2			6		Проверка индивидуальных заданий
9.	Переломы костей их виды. Механизм заживления переломов и типы фиксации перелома.	4			6	2	
	Классификация переломов трубчатых костей и типы их фиксации. Механизмы сращения переломов. Математическая модель нижних конечностей с фиксированным переломом бедренной кости. Двухмерная реконструкция перелома с помощью пластины остеосинтеза и костных винтов. Условия нагруженности и граничные условия для перелома большеберцовой кости.	4			6	2	Контрольная работа
10.	Патология суставов нижних конечностей. Эндопротезирование суставов и их виды.	2			8		
	Виды и формы патологии нижних суставов. Физиология развития артрита больших суставов. Виды эндопротезирования крупных суставов. Математическая модель бесцементного эндопротеза тазобедренного су-	2			8		Отчеты по аудиторным лабораторным работам с их устной защи-

	става. Двухмерная реконструкция операции эндопротезирования тазобедренного сустава бесцементным эндопротезом. Условия нагруженности и граничные условия для эндопротезированного тазобедренного сустава.						той
11.	Методы лучевой диагностики. Принцип работы компьютерной томографии. Шкала Хаунсфилда.	4			10		
	Принцип действия рентгеновского излучения и компьютерной томографии. Шкала Хаунсфилда. Математическая модель нижних конечностей с эндопротезированным тазобедренным суставом и фиксированным переломом бедренной кости с помощью пластины остеосинтеза и костных винтов.	4			10		Контрольная работа
	Всего	28			58	4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Чигарев А.В., Михасев Г.И., Борисов А.В. Биомеханика: учебник.- Минск: Изд-во Гревцова, 2010. - 284 с.
2. Бранков Г. Основы биомеханики. – М.: Мир, 1981.
3. Бегун П.И., Шукейло Ю.В. Биомеханика: Учебник для вузов. – Спб.: Политехника, 2000. – 463 с.
4. Математические модели и компьютерное моделирование в биомеханике: Учеб. пособие / Под ред. А.В. Зинковского и В.А. Пальмова: СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2004. – 516 с.
5. Борисов А.В., Чигарев А.В. Применение обобщений матриц для построения дифференциальных уравнений движения трехмерных моделей эндо- и экзоскелета по уравнениям плоских механизмов / Теоретическая и прикладная механика – 2019. № 34 – С.91-107.
6. Загородний Н. В. Эндопротезирование тазобедренного сустава. - Москва , 2012.
7. Бруско А.Г., Гайко Г.В. Функциональная перестройка костей и ее клиническое значение. - Луганск: ЛГМУ, 2005. - 212 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Покатилов А.Е. Биомеханика взаимодействия спортсмена с упругой опорой. Мн.: Изд. центр БГУ. 2006. 351 с.
2. Сотский Н.Б. Биомеханика. Мн.: БГУФК. 2005. 192 с.
3. Букуп К. Клиническое исследование костей, суставов и мышц. – М.: Мед.лит., 2008. – 320 с.
4. Bains, P.S., Sidhu, S.S., Bahraminasab, M., Prakash, C. Biomaterials in Orthopaedics and Bone Regeneration. Springer 2019. 256 p.
5. Tavares, João Manuel R. S., Fernandes, Paulo Rui. New Developments on Computational Methods and Imaging in Biomechanics and Biomedical Engineering. Springer; 1st ed. 2019. 170 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Диагностика результатов учебной деятельности по дисциплине «Общая биомеханика» проводится, как правило, во время аудиторных занятий. Для диагностики используются:

- отчеты по аудиторным лабораторным работам с их устной защитой;
- собеседования;
- контрольная работа.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Для студентов, пропустивших контрольные мероприятия или получивших неудовлетворительную оценку, решение о повторном проведении контрольного мероприятия выносится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в Белорусском государственном университете (приказ ректора № 189-ОД от 31.03.2020).

Методика формирования итоговой отметки

Формой текущей аттестации по дисциплине «Общая биомеханика» учебным планом предусмотрен **зачет**.

Полученные студентом количественные результаты учитываются как составная часть итоговой отметки по дисциплине в рамках рейтинговой системы.

Формирование отметки за текущую успеваемость осуществляется в соответствии со следующими весовыми коэффициентами:

- собеседование – 30 %;
- отчеты по аудиторным лабораторным работам с их устной защитой – 70%.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости (рейтинговой системы оценки знаний) и отметки на зачете с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 40 %, отметки на зачете – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 4. Многозвенная антропоморфная система с многокомпонентными элементами структуры

Составляются уравнения Лагранжа 2-го рода для антропоморфного механизма с 22 степенями свободы.

Форма контроля - контрольная работа.

Тема 9. Переломы костей их виды. Механизм заживления переломов и типы фиксации перелома.

Задания:

1. Построение двухмерной модели большеберцовой кости с переломом проксимального отдела.

2. Фиксация перелома винтом остеосинтеза. Расчет НДС кости.

Форма контроля - контрольная работа.

Примерная тематика лабораторных занятий

1. Построить траекторию движения центра тяжести 11-звенного антропоморфного робота.
2. Смоделировать движение антропоморфного робота с учетом деформации 1-го и 2-го звеньев.
3. Дано: координаты опорных точек (табл. 3.1.1), масса тела 45 кг. Построить схему тела. Определить положение ОЦТ тела.

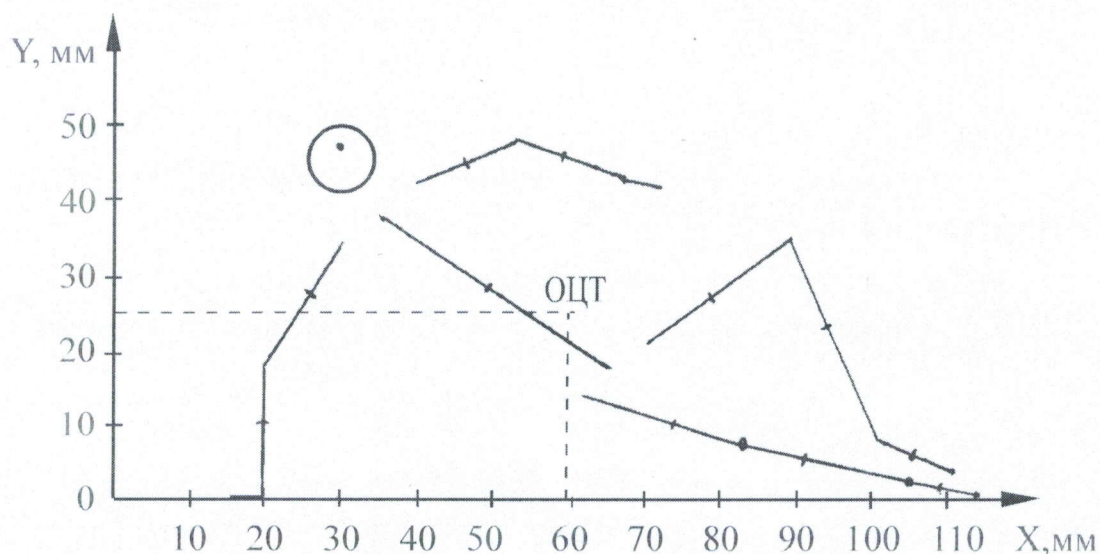


Рис. 3.1.1. 14-звенная схема тела с отметками ЦТ звеньев и ОЦТ тела

Обозначения. Центры тяжести:

g_c – головы, g_m – кисти.

Центры суставов:

b – плечевого, a – локтевого, m – лучезапястного, f – тазобедренного, s – коленного, p – голеностопного. d – кончик большого пальца стопы.

Таблица 3.1.1

Координаты опорных точек, мм

Кадр	сторона	ось	g_c	b	a	m	g_m	f	s	p	d
1	правая	X	$\frac{30}{45}$	$\frac{30}{33}$	$\frac{20}{18}$	$\frac{20}{0}$	$\frac{15}{0}$	$\frac{60}{15}$	$\frac{85}{7}$	$\frac{105}{2}$	$\frac{115}{0}$
		Y									
	левая	X	–	$\frac{40}{40}$	$\frac{53}{45}$	$\frac{67}{42}$	$\frac{72}{40}$	$\frac{70}{20}$	$\frac{90}{33}$	$\frac{102}{8}$	$\frac{112}{3}$
		Y									

4. вывести уравнения Лагранжа для антропоморфного робота с 22 степенями свободы.
5. Рассчитать напряженно-деформированное состояние двухмерной модели головки бедренной кости.
6. Рассчитать напряженно-деформированное состояние двухмерной модели коленного сустава учитывая различные типы кости.
7. Зафиксировать перелом проксимального отдела большеберцовой кости с помощью винта остеосинтеза. Разделить кость на два типа: губчатая и компактная. Контакт между сегментами кости: frictionless, остальные контакты: bonded. Коэффициент Пуассона для всех материалов 0,3. Модули Юнга: компактная кость 17ГПа, губчатая кость 4ГПа, титан 112ГПа. Граничные условия для нижней части кости: fixed. Верхняя часть кости подвергается неравномерной нагрузке: левая часть - 960Н; правая часть - 640Н.
8. Рассчитать напряженно-деформированное состояние двухмерной модели зафиксированного перелома большеберцовой кости, учитывая различные типы кости. Нахождение области максимальных растягивающих напряжений.
9. Построить двумерную модель эндопротезированного тазобедренного сустава и рассчитать напряженно-деформируемое состояние.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *метод учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнени-

ями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной решаемой задаче (проблеме), а также **методы и приемы развития критического мышления**, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные ресурсы: разместить на образовательном портале комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, методические указания к лабораторным занятиям, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательного стандарта высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к зачету, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, тематика рефератов и др., список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Кинематические характеристики тела человека и его движений.
2. Динамические характеристики движения.
3. Определение масс-инерционных характеристик тела человека при помощи уравнений регрессии.
4. Структура опорно-двигательного аппарата человека.
5. Пассивная часть опорно-двигательного аппарата человека (скелет и его соединения).
6. Активная часть опорно-двигательного аппарата человека (мышцы).
7. Зависимость скорости укорочения мышцы от ее нагружения. Модель Хилла.
8. Рычаги первого и второго рода в опорно-двигательном аппарате человека.
9. Общий центр тяжести человека. Центры тяжести звеньев тела человека.
10. Моделирование позвоночника человека.
11. Составление уравнений движения произвольной многосвязной динамической системы с деформируемыми элементами структуры с использованием формализма Лагранжа.
12. Биомеханика тазобедренного сустава. Строение и диапазоны движений согласно анатомическим осям.
13. Биомеханика коленного сустава. Строение и виды движений согласно анатомическим осям.
14. Структура костей и их классификация. Механические свойства костной ткани. Закон Вольфа.
15. Переломы костей их виды. Механизм заживления переломов и типы фиксации перелома.
16. Патология суставов нижних конечностей.
17. Эндопротезирование суставов и их виды.
18. Методы лучевой диагностики. Принцип работы компьютерной томографии. Шкала Хаунсфилда.
19. Математическая модель нижних конечностей с эндопротезированным тазобедренным суставом и фиксированным переломом бедренной кости с помощью пластины остеосинтеза и костных винтов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменении в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Численные методы механики сплошных сред	Био- и нано механики	Нет	Внесение изменений не требуется (протокол № 10 от 25.05.2023)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на ____ / ____ учебный год

№п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от ____ 20_ г.)

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н., профессор
(степень, звание)

(подпись)

Г.И. Михасев
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Д.ф.-м.н., доцент
(степень, звание)

(подпись)

С.М. Босяков
(И.О.Фамилия)