

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ А.Д. Толстик
« 24 » _____ 2015 г.

Регистрационный № УД- _____ /уч.



Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека

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

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

2015г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 02-2013 (30.08.2013 г.)
и учебного плана № G31-136/уч. (30.05.2013 г.) для специальности 1-31 03 02
Механика и математическое моделирование

СОСТАВИТЕЛИ:

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

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой био- и наномеханики
(протокол № 11 от 25.05.15)

Учебно-методической комиссией механико-математического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 6 от 26.05.2015)



Р. И. Михасев



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Среди многочисленных физиологических функций организма двигательная функция является основной, обеспечивающей активное воздействие человека на внешнюю среду, преодоление ее сопротивления, приспособление к условиям внешней среды.

Движение человека подчиняются законам механики. С точки зрения механики, человек представляет собой систему подвижно соединенных звеньев, обладающих определенными размерами, массой, моментами инерции и снабженных мышечными двигателями. Анатомическими структурами, образующими эти звенья и соединения являются кости, сухожилия, мышцы, фиброзные и синовиальные соединения костей и т.д.

При исследований движений человека широко применяют кинематические модели на основе уравнений движения системы твердых тел, которые соответствуют отдельным сегментам тела по геометрическим и масс-инерционным характеристикам. Элементы модели соединяются шарнирами, диапазоны поворотов которых соответствуют амплитудам угловых движений суставов. Механические связи модели с окружающей средой заменяют действием сил реакции, что позволяет сохранять структуру модели при различных движениях.

Исследованию движений человека (спортсмена) аналитическими методами механики с помощью кинематических и динамических моделей, заменяющих опорно-двигательный аппарат и воспроизводящих действительную картину движений со степенью точности, достаточной для поставленных в процессе исследований задач, посвящен учебный курс «Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека».

Цель курса «Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека»: 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.

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, использования математических пакетов Mathcad, Mathematica для исследования движений человека.

Основные задачи, решаемые в рамках изучения спецкурса «Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека»:

- построение простейших математических моделей опорно-двигательной системы человека;

- формирование у студентов знаний основных законов механики, термодинамики и теории информации, необходимых для моделирования биомеханических систем.

Связь с другими дисциплинами. Программа курса «Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека» составлена с учетом межпредметных связей

и программ по смежным дисциплинам. Его изучение базируется на знаниях из университетских курсов по теоретической механике и механики сплошной среды.

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;

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.

–

– Дисциплина специализации **«Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека»** изучается студентами 3 курса в 5 и 6 семестре очной формы обучения.

– В соответствии с учебным планом специальности на изучение дисциплины отводится 110 часов, в том числе аудиторных занятий 72 часа, из них Ж

– 3 курс 5 семестр – лекционных – 16 часов, лабораторные занятия – 18 часов, УСР – 2 часа.

– 3 курс 6 семестр – лекционных – 10 часов, лабораторные занятия – 24 часа, УСР – 2 часа. Форма текущей успеваемости – зачет.

–

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Биомеханические характеристики тела человека и его движений.

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.

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. Динамические воздействия на тело человека.

Биомеханическая значимость контактного удара, прочность тканей и структур. Биомеханическая значимость контактного удара головы. Критерии переносимости.

Биомеханическая значимость ударного нагружения позвоночника, проблемы защиты

Тема 4. 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

нагрузки. Оптимизация средств защиты. Моделирование движения гимнаста с учетом упругой опоры

Тема 5. Моделирование двуногой ходьбы человека.

Ритмика и кинематика движений. Метод заданной синергии. Энергетические затраты при ходьбе и беге. Уравнения динамики двуногой ходьбы модели с невесомыми ногами и некоторые их приложения. Управляющие моменты в суставах. Динамика корпуса на неподвижной ноге. Уравнения стояния и трансформация случая Эйлера. Устойчивость походки. Моделирование походки с протезом

Тема 6. Многозвенная антропоморфная система с многокомпонентными элементами структуры

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 упругих модулей элементов механической системы

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела,	Название раздела, темы	Количество аудитор- ных часов					Количество часов	Формы контроля знаний
		лекции	практиче- ские занятия	семинарские занятия	лаборатор- ные	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	3 курс 5 семестр							
1	Тема 1. Биомеханические характе- ристики тела человека и его дви- жений.	8			10		2	
1.1	Кинематические характеристики. Си- стемы отсчета расстояний и времени: начало, направление и единицы отсче- та. Тела отсчета инерциальные и не- инерциальные. Пространственные ха- рактеристики: положения – координаты точки, тела и системы тел (линей- ные и угловые) и движения – траекто- рия точки (путь, перемещение, кри- визна и ориентация траектории, поло- жения: начальное, промежуточное и конечное). Поступательное и враща- тельное движение тела. Траектории прямолинейные и криволинейные (по- стоянного и переменного радиуса кривизны). Временные характеристи- ки: момент времени, длительность движения тела и его частей, темп и ритм движений. Пространственные характеристики: скорости и ускорения точек и звеньев тела человека. Ис- пользование характеристик при био- механическом обосновании спортив- ной техники. Скорости, ускорения. Индексный метод описания поз и дви- жений тела человека. Упрощенная ки- нематическая схема тела.	4			4		2	Индивиду- альные за- дания
1.2	Динамические характеристики. Инерционные характеристики тела человека: масса, центр масс, момент инерции тела, радиус инерции. Сило- вые характеристики: сила и момент	4			6			Опрос

	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	Тема II Строение и функции биомеханической системы двигательного аппарата человека.	8			8		
	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.	8			8		Опрос
	3 курс 6 семестр						
3	Тема 3. Динамические воздействия на тело человека.	4			4		
3.1	Биомеханическая значимость контактного удара, прочность тканей и структур. Биомеханическая значимость контактного удара головы. Критерии переносимости.	2					Контрольная работа
3.2	Биомеханическая значимость ударного нагружения позвоночника, проблемы защиты..	2			4		Опрос
4	Тема 4. Использование физических и математических моделей для исследования прочности организма	2			4		

	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.	2			4			Опрос
5	Тема 5. Моделирование двуногой ходьбы человека.	4			8			
	Уравнения динамики двуногой ходьбы модели с невесомыми ногами и некоторые их приложения. Управляющие моменты в суставах. Динамика корпуса на неподвижной ноге. Уравнения стояния и трансформация случая Эйлера. Устойчивость походки. Моделирование походки с протезом	4			8			Опрос
	Тема 6. Многозвенная антропоморфная система с многокомпонентными элементами структуры				8		2	
	<i>Всего по курсу</i>	26			42		4	

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

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. *Эбелинг В.* Образование структур при необратимых процессах. – М.: Мир, 1979.
4. *Бегун П.И., Шукейло Ю.В.* Биомеханика: Учебник для вузов. – Спб.: Политехника, 2000. – 463 с.
5. 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.

Дополнительная

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.\

ОРГАНИЗАЦИЯ И ВЫПОЛНЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов - это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа реализуется: непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических и семинарских занятиях, при выполнении лабораторных работ, в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.

При изучении дисциплины **«Биомеханика опорно-двигательного аппарата»** организация самостоятельной работы студентов должна представлять единство взаимосвязанных форм:

1. Внеаудиторная самостоятельная работа;
2. Аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;

Виды внеаудиторной самостоятельной работы студентов разнообразны: подготовка и написание рефератов, докладов, и других письменных работ на заданные темы.

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий, семинаров, выполнении лабораторного практикума и во время чтения лекций.

ДИАГНОСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для диагностики используются опрос, контрольная работа, проверка индивидуальных заданий.

**Примерный перечень
индивидуальных заданий по предмету
«Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека»**

1. Модель Франка системы кровообращения.
2. Феноменологические модели мышечных тканей. Модель Хилла. Мощность одиночного сокращения.
3. Определение управляющих моментов в суставах гимнаста, выполняющего большой оборот назад на перекладине.
- 4.. Моделирование реконструированного среднего уха. Строение слухового аппарата и функционирование его составляющих частей. Механические свойства составляющих элементов среднего уха. Простейшие механические модели среднего уха

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

[illegible]