

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Национальный государственный Университет  
физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф.Лесгафта,  
Санкт-Петербург»**

Кафедра **БИОМЕХАНИКИ**

Методическое обеспечение дисциплины

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОМЕХАНИКЕ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в  
аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации

**49.06.01 – «Физическая культура и спорт»**

направленность (профиль)  
Биомеханика

**квалификация ВЫПУСКНИКА - Исследователь. Преподаватель-  
исследователь.**

форма обучения  
очная / заочная

**Рассмотрена и утверждена на заседании  
кафедры  
«31» августа 2015 г., протокол № 1**

**Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Самсонова А.В.  
Автор-разработчик:  
Доцент, к.т.н. Лебедева Е. А.**

Санкт-Петербург 2015

## **Форма обучения: очная.**

### **Методические рекомендации для преподавателя**

При подготовке к лекционным и практическим занятиям руководствоваться:

1. Конспект содержания лекций и практических занятий.
2. Объемными требованиями для подготовки к зачету.

#### **Конспект содержания лекций**

Лекция 1. Теоретические основы моделирования органов и структур человеческого организма при использовании компьютерных программ.

Обзор существующих компьютерных программ, особенности их применения в биомеханике, преимущества и ограничения. Создание расчетной схемы, введение допущений, схематизация геометрии, нагрузок, выбор типа анализа в зависимости от поставленной задачи.

Лекция 2. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при статическом анализе.

Компьютерный расчет напряженно-деформированного состояния органов и структур человеческого организма при статическом нагружении в программе SolidWorks Simulation. Интерпретация результатов.

Лекция 3. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при динамическом анализе.

Компьютерный расчет напряженно-деформированного состояния органов и структур человеческого организма при динамическом нагружении в программе SolidWorks Simulation. Анализ динамической прочности.

Лекция 4. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при гидро- и аэродинамическом анализе.

Компьютерный расчет гидродинамики жидких сред в органах человеческого организма в программе SolidWorks Flow Simulation.

Лекция 5. Биомеханика сердца.

Компьютерное моделирование структур сердца в норме и при патологических изменениях. Анализ напряженно-деформированного состояния и гемодинамики в структурах сердца.

Лекция 6. Биомеханика сосудистой системы.

Компьютерное моделирование сосудистой системы в норме и при патологических изменениях. Анализ напряженно-деформированного состояния и гемодинамики в структурах сосудистой системы.

Лекция 7. Биомеханика дыхательных путей.

Компьютерное моделирование структур и органов дыхательных путей в норме и при патологических изменениях. Анализ напряженно-деформированного состояния и аэродинамики в структурах дыхательных путей.

Лекция 8. Биомеханика глаза.

Компьютерное моделирование глаза и его структур в норме и при патологических изменениях. Анализ напряженно-деформированного состояния и гидродинамики в структурах глаза.

Лекция 9. Биомеханика опорно-двигательного аппарата.

Компьютерное моделирование структур опорно-двигательного аппарата. Моделирование мышечных усилий и внешних нагрузок.

Лекция 10. Биомеханика травм структур человеческого организма.

Компьютерное моделирование органов и структур человеческого организма, изменивших свою структуру и функционирование в результате травмы.

### **Конспект содержания практических занятий**

Практическое занятие 1. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при статическом анализе.

Практическое занятие 2. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при динамическом анализе. Особенности совместного использования результатов

статического и динамического анализа.

Практическое занятие 3. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при гидро- и аэродинамическом анализе. Особенности применения, вариации представления результатов.

Практическое занятие 4. Биомеханика сердца.

Компьютерное моделирование структур сердца в норме и при патологических изменениях. Анализ гемодинамики в структурах сердца.

Практическое занятие 5. Биомеханика сосудистой системы.

Особенности компьютерного моделирования сосудистой системы в норме и патологии. Моделирование течения и давления крови в артериях. Влияние геометрии сосудов на поток.

Практическое занятие 6. Биомеханика дыхательных путей.

Компьютерное моделирование структур и органов дыхательных путей в норме и при патологических изменениях. Анализ аэродинамики в структурах дыхательных путей. Влияние геометрии дыхательных путей на поток воздуха.

Практическое занятие 7. Биомеханика глаза.

Особенности компьютерного моделирования глаза и его структур в норме и патологии и после коррекции.

Практическое занятие 8. Биомеханика опорно-двигательного аппарата.

Компьютерное моделирование опорно-двигательного аппарата и его структур в норме и при патологических изменениях.

Практическое занятие 9. Биомеханика травм органов и структур человеческого организма.

Компьютерное моделирование травм и структур человеческого организма, подвергшихся коррекции. Моделирование переломов трубчатых костей, повреждений позвонков. Моделирование отделов позвоночника после коррекции при патологических изменениях.

## **Объемные требования для подготовки к зачету**

1. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния органов и структур человеческого организма при статическом нагружении?
2. Особенности построения компьютерных моделей органов и структур человеческого организма при статическом нагружении.
3. Этапы расчета напряженно-деформированного состояния органов и структур человеческого организма при статическом нагружении.
4. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния органов и структур человеческого организма при динамическом нагружении?
5. Особенности построения компьютерных моделей органов и структур человеческого организма при динамическом нагружении.
6. Этапы расчета напряженно-деформированного состояния органов и структур человеческого организма при динамическом нагружении.
7. Какие существуют методы анализа гидродинамики текучих сред в органах и структурах человеческого организма.
8. Особенности построения компьютерных моделей органов и структур человеческого организма для анализа гидродинамики текучих сред.
9. Этапы расчета гидродинамики текучих сред в моделях органов и структур человеческого организма.
10. Какие существуют методы анализа аэродинамики текучих сред в органах и структурах человеческого организма.
11. Особенности построения компьютерных моделей органов и структур человеческого организма для анализа аэродинамики текучих сред.
12. Этапы расчета аэродинамики текучих сред в моделях органов и структур человеческого организма.
13. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния сердца и его структур.

14. Особенности построения компьютерных моделей сердца и его структур.

15. Оценка гемодинамики в структурах сердца.

16. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния сосудистой системы.

17. Особенности построения компьютерных моделей сосудистой системы.

18. Оценка гемодинамики в структурах сосудистой системы.

19. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния структур дыхательных путей.

20. Особенности построения компьютерных моделей структур дыхательных путей.

21. Оценка аэродинамики в структурах дыхательных путей.

22. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния глаза и его структур.

23. Особенности построения компьютерных моделей глаза и его структур.

24. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния опорно-двигательного аппарата и его структур.

25. Особенности построения компьютерных моделей структур опорно-двигательного аппарата.

26. Особенности построения компьютерных моделей для биомеханического анализа состояния структур человеческого организма при различных комбинациях внешних воздействиях.

27. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния структур человеческого организма после травмы.

28. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния структур человеческого организма после коррекции.

## **Методические рекомендации для аспиранта**

Для самостоятельной работы при подготовке к занятиям по дисциплине рекомендуется использовать:

- методические указания по подготовке к практическим занятиям;
- объемные требования для подготовки к зачету.

### **Методические указания по подготовке к практическим занятиям**

Практическое занятие 1. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при статическом анализе.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель биологического объекта, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК1. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

Практическое занятие 2. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при динамическом анализе. Особенности совместного использования результатов статического и динамического анализа.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель биологического объекта, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК2. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

Практическое занятие 3. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при гидро- и аэродинамическом анализе. Особенности применения, вариации представления результатов.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель биологического объекта, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТКЗ. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

Практическое занятие 4. Биомеханика сердца.

Компьютерное моделирование структур сердца в норме и при патологических изменениях. Анализ гемодинамики в структурах сердца.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель структуры сердца, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК4. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

Практическое занятие 5. Биомеханика сосудистой системы.

Особенности компьютерного моделирования сосудистой системы в норме и патологии. Моделирование течения и давления крови в артериях. Влияние геометрии сосудов на поток.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель кровеносного сосуда, доказать адекватность модели



и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК5. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

#### Практическое занятие 6. Биомеханика дыхательных путей.

Компьютерное моделирование структур и органов дыхательных путей в норме и при патологических изменениях. Анализ аэродинамики в структурах дыхательных путей. Влияние геометрии дыхательных путей на поток воздуха.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель паренхимы легкого или бронхов, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК6. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

#### Практическое занятие 7. Биомеханика глаза.

Особенности компьютерного моделирования глаза и его структур в норме и патологии и после коррекции.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель структур глаза при компрессии, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК8. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5

баллов.

Практическое занятие 8. Биомеханика опорно-двигательного аппарата.

Компьютерное моделирование опорно-двигательного аппарата и его структур в норме и при патологических изменениях.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель костей конечностей при остеосинтезе, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК8. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

Практическое занятие 9. Биомеханика травм органов и структур человеческого организма.

Компьютерное моделирование травм и структур человеческого организма, подвергшихся коррекции. Моделирование переломов трубчатых костей, повреждений позвонков. Моделирование отделов позвоночника после коррекции при патологических изменениях.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель протезированного сустава или модели отдела позвоночника после коррекции, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК9. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

## **Форма обучения: заочная**

### **Методические рекомендации для преподавателя**

При подготовке к лекционным и практическим занятиям руководствоваться:

1. Конспект содержания лекций и практических занятий;
2. Объемными требованиями для подготовки к зачету.

### **Конспект содержания лекций**

Лекция 1. Теоретические основы моделирования органов и структур человеческого организма при использовании компьютерных программ.

Обзор существующих компьютерных программ, особенности их применения в биомеханике, преимущества и ограничения. Создание расчетной схемы, введение допущений, схематизация геометрии, нагрузок, выбор типа анализа в зависимости от поставленной задачи.

### **Конспект содержания практических занятий**

Практическое занятие 1. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при статическом анализе.

Практическое занятие 2. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при динамическом анализе.

Практическое занятие 3. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при гидро- и аэродинамическом анализе. Особенности применения, вариации представления результатов.

### **Объемные требования для подготовки к зачету**

1. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния органов и структур человеческого организма при статическом нагружении?

2. Особенности построения компьютерных моделей органов и структур человеческого организма при статическом нагружении.
3. Этапы расчета напряженно-деформированного состояния органов и структур человеческого организма при статическом нагружении.
4. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния органов и структур человеческого организма при динамическом нагружении?
5. Особенности построения компьютерных моделей органов и структур человеческого организма при динамическом нагружении.
6. Этапы расчета напряженно-деформированного состояния органов и структур человеческого организма при динамическом нагружении.
7. Какие существуют методы анализа гидродинамики текучих сред в органах и структурах человеческого организма.
8. Особенности построения компьютерных моделей органов и структур человеческого организма для анализа гидродинамики текучих сред.
9. Этапы расчета гидродинамики текучих сред в моделях органов и структур человеческого организма.
10. Какие существуют методы анализа аэродинамики текучих сред в органах и структурах человеческого организма.
11. Особенности построения компьютерных моделей органов и структур человеческого организма для анализа аэродинамики текучих сред.
12. Этапы расчета аэродинамики текучих сред в моделях органов и структур человеческого организма.
13. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния сердца и его структур.
14. Особенности построения компьютерных моделей сердца и его структур.
15. Оценка гемодинамики в структурах сердца.
16. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния сосудистой системы.

17. Особенности построения компьютерных моделей сосудистой системы.
18. Оценка гемодинамики в структурах сосудистой системы.
19. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния структур дыхательных путей.
20. Особенности построения компьютерных моделей структур дыхательных путей.
21. Оценка аэродинамики в структурах дыхательных путей.
22. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния глаза и его структур.
23. Особенности построения компьютерных моделей глаза и его структур.
24. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния опорно-двигательного аппарата и его структур.
25. Особенности построения компьютерных моделей структур опорно-двигательного аппарата.
26. Особенности построения компьютерных моделей для биомеханического анализа состояния структур человеческого организма при различных комбинациях внешних воздействиях.
27. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния структур человеческого организма после травмы.
28. Какие существуют методы анализа напряженно – деформированного состояния структур человеческого организма после коррекции.

### **Методические рекомендации для аспиранта**

Для самостоятельной работы при подготовке к занятиям по дисциплине рекомендуется использовать:

- методические указания по подготовке к практическим занятиям;

- объемные требования для подготовки к зачету.

### **Методические указания по подготовке к практическим занятиям**

Практическое занятие 1. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при статическом анализе.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель биологического объекта, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК1. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

Практическое занятие 2. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при динамическом анализе.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить геометрическую модель биологического объекта, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТК2. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

Практическое занятие 3. Теоретические основы компьютерного моделирования органов и структур человеческого организма при гидро- и аэродинамическом анализе. Особенности применения, вариации представления результатов.

Необходимо разработать и обосновать алгоритм расчета; построить

геометрическую модель биологического объекта, доказать адекватность модели и объекта. Во время занятия строится компьютерная модель, проводятся вычисления и анализ полученных результатов. По результатам проведенного исследования формируется отчет и проводится ТКЗ. Отчет должен включать в себя алгоритм расчета, схему геометрической модели объекта, результаты исследования. Аспирант может набрать от 2 до 5 баллов.

Аспирантами заочной формы обучения может быть выполнена контрольная работа в межсессионный или сессионный период, аттестация контрольной работы осуществляется в ходе собеседования с преподавателем в часы консультаций. Контрольная работа выполняется аспирантом самостоятельно. Контрольная работа включает в себя задания практических занятий и оценивается из расчета от 2 до 5.

Аспирант должен подобрать литературу по теме контрольной работы (не менее 5 источников), проанализировать её и системно изложить результаты этого анализа. При этом следует излагать собственные умозаключения и формировать обобщения и выводы. Поощряется наличие в контрольной работе рисунков и таблиц при наличии аргументированной интерпретации.

Содержание контрольной работы должно включать в себя план, введение, несколько параграфов или глав, заключение (выводы) и список литературы, изложенный строго по алфавиту и в соответствии с ГОСТом. Список литературы должен включать не менее 5 источников, с непосредственными ссылками в тексте контрольной работы. В качестве обязательных информационных источников аспиранту рекомендуются интернет - источники, а так же профильные журналы.

В работе должен быть представлен разработанный алгоритм расчета; построена геометрическая модель биологического объекта, доказана адекватность модели и объекта; построена компьютерная модель; проведены вычисления и анализ полученных результатов.

Работа представляется в печатном и электронном варианте на формате А-4. Объем работы – 10-20 страниц. Титульный лист контрольной работы должен содержать тему работы, курс, группу, фамилию, инициалы автора. Студенту предоставляется возможность 10 минутного доклада по теме контрольной работы, после чего преподаватель оценивает работу. При этом помимо оценки качества оформления работы, так же оценивается наличие собственных умозаключений, степень аргументации выводов, уровень и качество владения представляемого материала, наличие анализа современной литературы, стиль и язык изложения материала работы, уверенность и профессионализм при выступлении по теме. Контрольная работа может быть так же представлена студентом в межсессионный период, в часы консультаций преподавателя.