

**Федеральное агентство научных организаций
Российская академия наук**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН»
(ИМАШ РАН)**

Одобрено на Учёном совете
ИМАШ РАН
Протокол № 4
«12» августа 20 15 г.

УТВЕРЖДАЮ
Временно исполняющий обязанности
директора ИМАШ РАН д.т.н., проф.
В.А. Глазунов
«19» августа 20 15 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «БИОМЕХАНИКА ЗАМЕНТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ»

Направление подготовки
01.06.01 – Математика и механика

Направленность (профиль) программы
01.02.06 «БИОМЕХАНИКА»

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная
Заочная

Москва
20 15

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Биомеханика заменителей биологических тканей» реализуется в рамках **Блока 1** Вариативной части обязательных дисциплин Основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) аспирантам очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика.

Рабочая программа разработана с учётом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 866, зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 25 августа 2014 года № 33837.

Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану составляет 1 зач. ед. (36 часов), из них лекций – 18 часа, практических (семинарских) занятий – 0 часов, лабораторных занятий – 0 часов, самостоятельной работы – 18 часов. Дисциплина реализуется на 3-м курсе, в 5-м (весеннем) семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачёт в 5-м семестре.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачётно-экзаменационной сессии в форме зачёта.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Биомеханика заменителей биологических тканей»:

Цель:

- изучение аспирантами математических моделей, описывающих биомеханические свойства и функционирование различных биологических тканей и их заменителей;
- знакомство с достижениями биомеханики в разработке новых материалов биологического назначения.

Задачи:

- сформировать у аспирантов представление о существующих на сегодняшний день математических моделях заменителей биологических тканей;
- познакомить аспирантов с основными методами и подходами математического моделирования заменителей биологических тканей.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Биомеханика заменителей биологических тканей» направлен на формирование компетенций или отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО 01.06.01 – Математика и механика:

а) универсальные (УК):

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

б) профессиональных (ПК):

- способностью к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности в междисциплинарных коллективах (ПК-1);
- готовность создавать и исследовать новые математические модели реальных тел и конструкций (ПК-2);
- готовность к управлению и руководству научной работой коллективов (ПК-3).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- достижения биомеханики в разработке новых материалов биологического назначения;
- основные биомеханические свойства мягких, твёрдых и мышечных тканей человека;
- принципы построения математических моделей, описывающих функционирование биологических тканей;
- принципы разработки заменителей биологических тканей;

Уметь:

- правильно выбрать математическую модель;
- анализировать аналитические решения и результаты численных расчетов;
- передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций;

Владеть:

- навыками математического моделирования.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость					
	общая		из них			
	зач.ед.	час.	Лекц.	Прак.	Сем.	Сам..
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ по Учебному плану	1	36	18	0	0	18
Аудиторные занятия	0,5	18	18			
Лекции (Л)	0,5	18	18			
Практические занятия (ПЗ)	0	0		0		
Семинары (С)	0	0			0	
Самостоятельная работа (СР) в т.ч. с учётом промежуточного и итогового контроля	0,5	18				18
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины, подготовка к экзамену	0,5	18				18
Вид контроля:	зачёт					

3.2. Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

№ Раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение	Предмет, объект исследования, методы и задачи биомеханики. История биомеханики. Подобие биологических систем. Элементы биологической термодинамики. Биомеханические аспекты строения и функций клетки и клеточной мембраны.
2	Биомеханика материалов	Деформация материала. Напряжения в деформируемом образце. Упругость биологических материалов. Вязкоупругость. Особенности экспериментальных исследований образцов биологических материалов.
3	Биомеханика мягких тканей	Строение и реологические свойства стенок кровеносных сосудов, кожи, сухожилий, хряща, паренхимы легкого, тканей глаза и головного мозга. Континуальные модели мягких тканей. Модель Фанга.
4	Биомеханика твёрдых тканей	Строение, реологические и электромеханические свойства костной ткани. Адаптационные свойства кости. Пьезоэлектрические и электрокинетические эффекты. Адаптация к нагрузкам. Медицинские приложения механики костной ткани. Континуальные модели костной ткани. Строение и свойства тканей зубов.
5	Биомеханика мышечных тканей	Микроструктура, строение и реологические свойства мышц; поперечно-полосатые и гладкие мышцы.

		Управление мышечным сокращением. Континуальные модели мышечных тканей. Основные уравнения модели мышечной ткани и их использование при обработке результатов экспериментов; уравнение Хилла. Понятие о кинетической теории мышечного сокращения. Кинетические модели мышечной ткани.
6	Ткани новообразований	Особенности механических, электрических и транспортных свойств. Влияние механических факторов на возникновение новообразований. Принципы построения моделей растущих тканей и органов. Модели типа Тьюринга. Кинетика клеточного деления, массоперенос и рост в опухолевых тканях. Математические модели образования зоны некроза в опухоли.
7	Заменители биологических тканей (ЗБТ)	Искусственные клетки и мембраны, липосомы. Требования к заменителям биологических тканей. Способы классификации ЗБТ. Примеры использования ЗБТ. Поверхность раздела живой ткани и ЗБТ. Способы модификации этой поверхности: антибактериальная модификация; модификация, обеспечивающая связь с костью; модификация, обеспечивающая совместимость с кровью.
8	Заменители мягких биологических тканей	Протезирование кровеносных сосудов. Использование математического моделирования при проведении реконструктивных операций. Основные проблемы разработки раневых покрытий. Временные и постоянные заменители кожи. Создание ЗБТ путём выращивания клеточных культур на подложке из биodeградирующих материалов в присутствии биоактивных веществ. Математическое моделирование транспорта биологически активных веществ из биомембраны.
9	Заменители твёрдых биологических тканей	Эндопротезирование суставов. Использование математического моделирования при проведении протезирования. Использование ЗБТ в стоматологии.
10	Заменители мышечных тканей	ЗБТ при создании протезов сердечных клапанов. Искусственное сердце.

3.3 Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар) задания	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Введение	1	0	0	0	
2	Биомеханика материалов	2	0	0	0	2
3	Биомеханика мягких тканей	2	0	0	0	2
4	Биомеханика твёрдых тканей	2	0	0	0	2
5	Биомеханика мышечных тканей	2	0	0	0	2
6	Ткани новообразований	2	0	0	0	2
7	Заменители биологических тканей	2	0	0	0	2

	(ЗБТ)					
8	Заменители мягких биологических тканей	2	0	0	0	2
9	Заменители твёрдых биологических тканей	2	0	0	0	2
10	Заменители мышечных тканей	1	0	0	0	2
Итого часов		18	0	0	0	18
Общая трудоёмкость		36 час. 1 зач. ед.				

4. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором и экраном.
На лекционных занятиях демонстрируются презентации с помощью мультимедийных технологий.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Попов Г.И. Биомеханика: учебник / Г. И. Попов. – 4-е изд., стер. – М: Изд. центр "Академия", 2009. – 253, [3] с.
2. Герман И.П. Физика организма человека [Текст] / И.П. Герман; пер. с англ. Мелькумянца А.М., Ревенко С.В.. – Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 991, [1] с.: рис. – Библиограф. С. 976-991.

Дополнительная литература

1. Бранков Г. Основы биомеханики. М.: Мир, 1981.
2. Каро К., Педли Т., Шротер Р., Сид У. Механика кровообращения, М.: Изд-во Мир, 1981. – 624 с.
3. Педли Т. Гидромеханика крупных сосудов, М.: Мир, 1983. – 400 с.
4. Волькенштейн М.В. Общая биофизика. М.: Наука, 1978.
5. Гурфинкель В.С., Левик Ю.С. Скелетная мышца: структура и функция. М.: Наука, 1985.
6. Лфйфут Э. Явления переноса в живых системах. М.: Мир, 1977.
7. Ивенс И., Скейлак Р. Механика и термодинамика биологических мембран. М.: Мир, 1982.
8. Александер Р. Биомеханика. М.: Мир, 1970.
9. Уолдер К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение. М.: Техносфера, 2006.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций и семинаров, от аспирантов требуется самостоятельная работа в объёме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное решение задач. Самостоятельные занятия включают в себя также повторение материала лекций.

Федеральное агентство научных организаций
Российская академия наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН»
(ИМАШ РАН)

Одобрено на Учёном совете
ИМАШ РАН
Протокол № 4
«12» августа 20 15 г.

УТВЕРЖДАЮ
Временно исполняющий обязанности
директора ИМАШ РАН д.т.н., проф.
В.А. Глазунов
«19» августа 20 15 г.



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ
«БИОМЕХАНИКА ЗАМЕНИТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ»

Направление подготовки
01.06.01 – Математика и механика

Направленность (профиль) программы
01.02.08 «БИОМЕХАНИКА»

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная
Заочная

Москва

20 15

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих универсальных (УК), (общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

УК-1: *способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;*

ПК-1: *способностью к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности в междисциплинарных коллективах;*

ПК-2: *готовность создавать и исследовать новые математические модели реальных тел и конструкций;*

ПК-3: *готовность к управлению и руководству научной работой коллективов.*

Этапы формирования компетенций в процессе изучения дисциплины.

Конечными результатами освоения программы освоения дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В результате изучения дисциплины «Биомеханика сосудистой системы» обучающийся должен:

Знать:

- достижения биомеханики в разработке новых материалов биологического назначения;
- основные биомеханические свойства мягких, твёрдых и мышечных тканей человека;
- принципы построения математических моделей, описывающих функционирование биологических тканей;
- принципы разработки заменителей биологических тканей;

Уметь:

- правильно выбрать математическую модель;
- анализировать аналитические решения и результаты численных расчетов;
- передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций;

Владеть:

- навыками математического моделирования.

2. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов.

Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИМАШ РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИМАШ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в обсуждениях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

Промежуточная аттестация аспирантов.

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в форме *зачёта* в соответствии с локальным актом ИМАШ РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИМАШ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме *зачёта* в период зачётно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителю директора по научной работе). Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отработывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок на зачете – *зачтено / не зачтено*.

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачёта

Оценка зачета (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>Зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями, знает особенности развития методологии научного исследования, имеет представление об особенностях и специфике научного исследования. Информирован и способен делать анализ проблем и намечать пути их решения.
<i>Не зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области методологии научного исследования. Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и или не в состоянии наметить пути их решения.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Форма контроля знаний	Вид аттестации	Примечание
Опрос, Дискуссия	Текущая	Подготовка и ответ на семинарском занятии по заданным вопросам. Обсуждение проблематики предмета.
Домашнее задание: проверочные работы	Текущая	Домашнее задание: Оформление библиографического списка по теме диссертационного исследования
Зачёт	Промежуточная	Подготовка зачётного задания:

		Оформление статьи (по образцу статьи из списка ВАК по специальности) и реферата (по образцу автореферата диссертации) по тематике диссертационного исследования или на предложенную преподавателем тему
--	--	---

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа аспирантов (СРА) включает следующие виды работ: изучение теоретического (лекционного) материала, самостоятельные исследования и изучение теоретического материала по решению различных задач исследования операций, решение задач и упражнения, подготовка докладов для практических занятий, подготовка к дискуссиям по темам практических занятий.

Вопросы для углубленного самостоятельного изучения

Не предусмотрено.

ФОС: оценочные средства текущего и промежуточного контроля

Задания для текущего контроля.

Вопросы для устных опросов

1. Предмет, объект исследования, методы и задачи биомеханики.
2. История биомеханики.
3. Подобие биологических систем.
4. Элементы биологической термодинамики.
5. Биомеханические аспекты строения и функций клетки и клеточной мембраны.
6. Деформация материала.
7. Напряжения в деформируемом образце.
8. Упругость биологических материалов.
9. Вязкоупругость.
10. Особенности экспериментальных исследований образцов биологических материалов.
11. Строение и реологические свойства стенок кровеносных сосудов, кожи, сухожилий, хряща, паренхимы легкого, тканей глаза и головного мозга.
12. Континуальные модели мягких тканей. Модель Фанга.
13. Строение, реологические и электромеханические свойства костной ткани.
14. Адаптационные свойства кости.
15. Пьезоэлектрические и электрокинетические эффекты.
16. Адаптация к нагрузкам.
17. Медицинские приложения механики костной ткани.
18. Континуальные модели костной ткани.
19. Строение и свойства тканей зубов.
20. Микроструктура, строение и реологические свойства мышц; поперечно-полосатые и гладкие мышцы.
21. Управление мышечным сокращением.
22. Континуальные модели мышечных тканей.
23. Основные уравнения модели мышечной ткани и их использование при обработке результатов экспериментов; уравнение Хилла.
24. Понятие о кинетической теории мышечного сокращения.
25. Особенности механических, электрических и транспортных свойств.
26. Влияние механических факторов на возникновение новообразований.
27. Принципы построения моделей растущих тканей и органов.

28. Модели типа Тьюринга.
29. Кинетика клеточного деления, массоперенос и рост в опухолевых тканях.
30. Математические модели образования зоны некроза в опухоли.
31. Искусственные клетки и мембраны, липосомы.
32. Требования к заменителям биологических тканей.
33. Способы классификации ЗБТ.
34. Примеры использования ЗБТ.
35. Поверхность раздела живой ткани и ЗБТ.
36. Способы модификации этой поверхности: антибактериальная мо-дификация; модификация, обеспечивающая связь с костью; модификация, обеспечивающая совместимость с кровью.
37. Протезы кровеносных сосудов.
38. Использование математического моделирования при проведении реконструктивных операций.
39. Основные проблемы разработки раневых покрытий.
40. Временные и постоянные заменители кожи.
41. Создание ЗБТ путём выращивания клеточных культур на подложке из биodeградирующих материалов в присутствии биоактивных веществ.
42. Математическое моделирование транспорта биологически активных веществ из биомембраны.
43. Эндопротезирование суставов.
44. Использование математического моделирования при проведении протезирования.
45. Использование ЗБТ в стоматологии.
46. Применение ЗБТ при создании протезов сердечных клапанов.
47. Искусственное сердце.

Критерии оценки:

«зачтено»	Аспирант свободно владеет навыками анализа основных проблем, возникающих в современном научном мире. Отлично знает современные проблемы биомеханики; необходимые и достаточные условия для реализации поставленной задачи в рамках междисциплинарного подхода. На поставленные вопросы дает развернутый, четкий ответ, приводит примеры. Грамотно использует научную терминологию.
«не зачтено»	Аспирант не владеет навыками анализа основных проблем, возникающих в современном научном мире. Не знает современные проблемы биомеханики; необходимые и достаточные условия для реализации поставленной задачи в рамках междисциплинарного подхода. На поставленные вопросы не дает развернутый, четкий ответ, не приводит примеры. Неграмотно использует научную терминологию.

Задания для промежуточной аттестации Контрольные вопросы к зачету

1. Предмет, объект исследования, методы и задачи биомеханики.
2. История биомеханики.
3. Подобие биологических систем.
4. Элементы биологической термодинамики.
5. Биомеханические аспекты строения и функций клетки и клеточной мембраны.
6. Биомеханика материалов.
7. Деформация материала.
8. Напряжения в деформируемом образце.
9. Упругость биологических материалов.
10. Вязкоупругость.

11. Особенности экспериментальных исследований образцов биологических материалов.
12. Биомеханика мягких тканей.
13. Строение и реологические свойства стенок кровеносных сосудов, кожи, сухожилий, хряща, паренхимы легкого, тканей глаза и головного мозга.
14. Континуальные модели мягких тканей. Модель Фанга.
15. Биомеханика твёрдых тканей. Строение, реологические и электромеханические свойства костной ткани.
16. Адаптационные свойства кости.
17. Пьезоэлектрические и электрокинетические эффекты.
18. Адаптация к нагрузкам.
19. Медицинские приложения механики костной ткани.
20. Континуальные модели костной ткани.
21. Строение и свойства тканей зубов.
22. Биомеханика мышечных тканей.
23. Микроструктура, строение и реологические свойства мышц; поперечно-полосатые и гладкие мышцы.
24. Управление мышечным сокращением.
25. Континуальные модели мышечных тканей.
26. Основные уравнения модели мышечной ткани и их использование при обработке результатов экспериментов; уравнение Хилла.
27. Понятие о кинетической теории мышечного сокращения.
28. Кинетические модели мышечной ткани.
29. Ткани новообразований.
30. Особенности механических, электрических и транспортных свойств.
31. Влияние механических факторов на возникновение новообразований.
32. Принципы построения моделей растущих тканей и органов.
33. Модели типа Тьюринга.
34. Кинетика клеточного деления, массоперенос и рост в опухолевых тканях.
35. Математические модели образования зоны некроза в опухоли.
36. Заменители биологических тканей (ЗБТ).
37. Искусственные клетки и мембраны, липосомы.
38. Требования к заменителям биологических тканей.
39. Способы классификации ЗБТ.
40. Примеры использования ЗБТ. Поверхность раздела живой ткани и ЗБТ.
41. Способы модификации этой поверхности: антибактериальная модификация; модификация, обеспечивающая связь с костью; модификация, обеспечивающая совместимость с кровью.
42. Заменители мягких биологических тканей.
43. Протезы кровеносных сосудов.
44. Использование математического моделирования при проведении реконструктивных операций.
45. Основные проблемы разработки раневых покрытий.
46. Временные и постоянные заменители кожи.
47. Создание ЗБТ путём выращивания клеточных культур на подложке из биodeградирующих материалов в присутствии биоактивных веществ.
48. Математическое моделирование транспорта биологически активных веществ из биомембраны.
49. Заменители твёрдых биологических тканей.
50. Эндопротезирование суставов.
51. Использование математического моделирования при проведении протезирования.
52. Использование ЗБТ в стоматологии.
53. Заменители мышечных тканей.
54. Применение ЗБТ при создании протезов сердечных клапанов.

55. Искусственное сердце.

Критерии оценки:

«зачтено»	Отлично владеет основными методами и подходами математического моделирования в биомеханике. Даёт развернутый ответ, приводит примеры. Отлично формулирует решаемую задачу; грамотно пользуется научной терминологией. В совершенстве владеет навыками аналитического и численного решения задач и представления полученных результатов в виде научной статьи, доклада и лекции.
«не зачтено»	Не владеет основными методами и подходами математического моделирования в биомеханике. Даёт неполный ответ, не приводит примеры. Плохо формулирует решаемую задачу; неграмотно пользуется научной терминологией. Не владеет навыками аналитического и численного решения задач и представления полученных результатов в виде научной статьи, доклада и лекции.