

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебной работе

\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

элективной дисциплины части, формируемой  
участниками образовательных отношений,

Блока 1 «Дисциплины (модули)»

**«Биомеханика»**

Направление подготовки бакалавров 12.03.04 Биотехнические системы и  
технологии

Направленность (профиль) – Инженерное дело в медико-биологической практике

Типы задач профессиональной деятельности – проектно-конструкторский,  
производственно-технологический

Форма обучения – очная

Факультет информационных технологий

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Тверь 20 \_\_\_\_

Рабочая программа соответствует ОХОП подготовки бакалавров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:  
профессор кафедры АТП

Б.И. Масленников

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АТП  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой

Б.И. Марголис

Согласовано:  
Начальник учебно-методического  
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

## 1. Цель и задачи дисциплины

**Целью** дисциплины «Биомеханика» является приобретение студентами знаний в области применения законов механики биологических структур человека, методов построения моделей биомеханических структур опорно-двигательной системы человека, инженерии протезирования и мышечной системы, механики сердечнососудистой системы.

Основной целью изучения дисциплины «Биомеханика» является формирование у студентов корректных представлений о механике процессов, проходящих в различных структурных единицах организма человека в динамических условиях.

**Задачами дисциплины** являются формирование знаний и умений, необходимых для разработки, проектирования, эксплуатации медицинских приборов, комплексов и систем.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Элективная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса используются знания, полученные в процессе изучения дисциплин: «Физика», «Моделирование биологических процессов и систем», «Основы физиологии человека».

Приобретенные знания студент сможет использовать при выполнении выпускной квалификационной работы, в ходе работы над магистерской диссертацией.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

### 3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенции, закреплённые за дисциплиной в ОХОП:

**ПК-1.** Способен проводить научные исследования в области создания биотехнических систем и технологий.

**Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-1.3.** Осуществляет поиск, анализирует отечественную и зарубежную научно-техническую информацию, работает с базами данных.

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

З1. Особенности моделирования в биомеханике, базирующиеся на главных законах механики, термодинамики и теории информации.

**Уметь:**

У1. Использовать законы механики для построения моделей биомеханических систем.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП1. Применять методы моделирования в биомеханике.

**ПК-5.** Способен разрабатывать алгоритмы, программы и модели для процессов в биотехнических системах.

**Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

ИПК-5.2. Разрабатывает, реализует и применяет в профессиональной деятельности различные численные методы, в том числе реализованные в готовых библиотеках при решении задач проектирования биотехнических систем.

### **Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

#### **Знать:**

3.1. Основные этапы технологии моделирования устройств, приборов, систем и комплексов биомедицинского назначения.

#### **Уметь:**

У.1. Разрабатывать отдельные элементы биотехнических моделей структур тела человека с заданными параметрами,

#### **Иметь опыт практической подготовки:**

ПП1. Применять методы расчета основных биомеханических характеристик.

### **3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных занятий; выполнение практических работ; самостоятельная работа под руководством преподавателя.

## **4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы**

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Зачетных единиц</b>	<b>Академических часов</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		<b>60</b>
В том числе:		
Лекции		30
Практические занятия (ПЗ)		30
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		<b>48</b>
В том числе:		
Контрольные работы		16
Подготовка к практическим занятиям		16
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		16
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		<b>30</b>
В том числе:		
Практические занятия (ПЗ)		30
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть, часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. работы	Сам. работа
1	Основные понятия и законы механики сплошных сред	12	2	2	-	8
2	Механика опорно-двигательного аппарата для ходьбы на двух ногах	30	8	8	-	14
3	Механика сердечнососудистой системы	32	12	12	-	8
4	Биомеханика слуха	34	8	8	-	18
Всего на дисциплину		<b>108</b>	<b>30</b>	<b>30</b>		<b>48</b>

### 5.2. Содержание дисциплины

#### **МОДУЛЬ 1 « Основные понятия и законы механики сплошных сред»**

Тензоры деформаций. Скорость деформации, ротор. Общие законы и уравнения механики сплошных сред. Законы термодинамики сплошных сред. Некоторые математические модели сплошных сред. Теория информации и второй закон термодинамики. Термодинамика открытых систем.

#### **МОДУЛЬ 2 « Механика опорно-двигательного аппарата для ходьбы на двух ногах»**

Структура опорно-двигательной системы человека. Уравнения динамики ноги при циркуляционной ходьбе. Параметры ходьбы по горизонтальной и наклонной поверхности. Бифуркации и дублирование периода ходьбы. Моделирование ходьбы человека с учетом упругости ног и распределения масс. Моделирование ходьбы человека с протезом.

#### **МОДУЛЬ 3 « Механика сердечнососудистой системы»**

Функциональная схема системы кровообращения. Моделирование динамики сердца. Схема мышечного кровообращения. Механические свойства крови и сосудов. Некоторые модели и законы гемодинамики. Кинетики кровотока в эластичных сосудах. Пульсовая волна, модель Франка. Течение и давление крови в артериях. Фильтрация и реабсорбция крови в капиллярах. Резистивные модели гемодинамики.

#### **МОДУЛЬ 4 «Биомеханика слуха»**

Общая анатомия слуховой системы и ее функционирование. Динамическая модель среднего уха в норме. Оценка начальных напряжений в барабанной перепонке. Моделирование реконструированного среднего уха.

### 5.3. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены.

### 5.4. Практические занятия

Таблица 3. Тематика, форма практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели ПЗ	Примерная тематика занятий и форма их проведений	Трудоем- кость в часах
<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> формирование знаний об основных понятиях механике сплошных сред	Знакомство с законами равновесной и неравновесной термодинамики, движения частиц сплошных сред	2
<b>Модуль 2</b> <b>Цель:</b> Изучение особенностей циркуляционной ходьбы на двух ногах	Анализ изменения механических характеристик частей тела человека и тела в целом в различных динамических ситуациях	8
<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> Изучение основных этапов работы отдельных элементов сердечно-сосудистой системы	Анализ изменения характеристик кровотока на отдельных участках сосудистой системы при изменении геометрии просвета	12
<b>Модуль 4</b> <b>Цель:</b> Изучение биомеханики среднего уха	Анализ модели среднего уха в норме	8

## 6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

### 6.1. Цели самостоятельной работы

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

### 6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к практическим занятиям, текущему контролю успеваемости, контрольным работам, зачету.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература по дисциплине

1. Бегун, П.И. Биомеханика: учебник для техн. и биолог. спец. ун-тов и вузов: в составе учебно-методического комплекса/ П.И. Бегун.- СПб. : Политехника, 2000.- 463 с. - (Учеб. для вузов) (УМК-У). - Текст: непосредственный. - ISBN 5-7325-0309-5 : 120 p. - (ID=5641-5)

2. Стеблецов, Е. А. Биомеханика: учебник для вузов / Е. А. Стеблецов, И. И. Болдырев. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 160 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-13699-9. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/477191>. - (ID=136863-0)

## 7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Биофизика для инженеров: учеб. пособие для вузов по спец. 65390 - "Биомедицинская техника" и напр. 553400 - "Биомедицинская инженерия": в 2 т. Т.2: Биомеханика, информация и регулирование в живых системах / Е.В. Бигдай [и др.]. - М.: Горячая линия -Телеком, 2008. - 455 с. - Библиогр.: с. 436. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-9912-0050-9: 350 p. - (ID=76247-6)

2. Биофизика для инженерных специальностей: учебное пособие / Е. В. Бигдай, С. П. Вихров, Н. В. Гривенная [и др.]; под редакцией С. П. Вихрова, В. О. Самойлова. - Рязань: РГРТУ, [б. г.]. — Том 2: Биомеханика, информация и регулирование в живых системах – 2021. – 457 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168154> - (ID=143779-0)

3. Коршиков, В. М. Биомеханика: учебное пособие / В. М. Коршиков, А. А. Померанцев. - Липецк: Липецкий ГПУ, 2019. - 95 с. - ISBN 978-5-907168-19-0. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/126967>. - (ID=143792-0)

4. Маслов, Л.Б. Конечно-элементные пороупругие модели в биомеханике: монография / Л.Б. Маслов. - 1-е изд. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2013. - 240 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-8114-1639-4. - URL: <http://e.lanbook.com/view/book/39151/>. - (ID=99830-0)

5. Няшин, Ю. И. Основы биомеханики: учебное пособие / Ю. И. Няшин, В. А. Лохов. - Пермь: ПНИПУ, 2007. - 210 с. - ISBN 978-5-88151-979-7. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160554>. - (ID=143793-0)

6. Экспериментальные методы в биомеханике: учебное пособие / Ю. И. Няшин, Р. М. Подгаец, В. Д. Тютюнщикова [и др.]; под редакцией Ю. И. Няшина и Р. М. Подгайца. - Пермь: ПНИПУ, 2008. — 400 с. — ISBN 978-5-398-00121-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160967>. - (ID=143794-0)

## 7.3. Методические материалы

1. Фонд оценочных средств дисциплины "Биомеханика". Направление подготовки бакалавров 12.03.04 Биотехнические системы и технологии. Профиль: Инженерное дело в медико-биологической практике: в составе учебно-методического комплекса / сост. Б.И. Масленников; Каф. Автоматизация технологических процессов. - Тверь, 2017. - (УМК-В). - Текст: электронный. - (ID=132819-0)

## 7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

**7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет**  
ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление) : [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНиПы и др.). Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/116583>

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

При изучении дисциплины «Биомеханика» используются слайд-шоу, иллюстрирующие содержание лекций примерами, выполненными в экспертной оболочке KAPPA PC. Для их демонстрации используется проектор.

**9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена**

Учебным планом экзамен по дисциплине не предусмотрен.

**9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета**

1. Вид промежуточной аттестации в форме зачета.

Вид промежуточной аттестации устанавливается преподавателем:

по результатам текущего контроля знаний и умений обучающегося без дополнительных контрольных испытаний;

по результатам выполнения дополнительного итогового контрольного испытания при наличии у студентов задолженностей по текущему контролю.

2. При промежуточной аттестации без выполнения дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке описываются критерии проставления зачёта:

«зачтено» - выставляется обучающемуся при условии выполнения им всех контрольных мероприятий: посещение лекций в объеме не менее 80% контактной работы с преподавателем, выполнения и защиты практических работ.



При промежуточной аттестации с выполнением заданий дополнительного итогового контрольного испытания студенту выдается билет с вопросами и задачами.

Число заданий для дополнительного итогового контрольного испытания - 20.

Число вопросов – 3 (2 вопроса для категории «знать» и 1 вопрос для категории «уметь»).

Продолжительность – 60 минут.

3. Шкала оценивания промежуточной аттестации – «зачтено», «не зачтено».

4. Критерии выполнения контрольного испытания и условия проставления зачёта:

для категории «знать» (бинарный критерий):

ниже базового - 0 балл;

базовый уровень – 1 балла;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 1 балла.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

5. Для дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке предоставляется:

база заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на дополнительном итоговом контрольном испытании (типовой образец задания приведен в Приложении);

методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного итогового испытания и проставления зачёта.

6. Задание выполняется письменно и с использованием ЭВМ.

7. Перечень вопросов дополнительного итогового контрольного испытания:

1. В случае реконструкции барабанной перепонки с использованием техники *cartilage plate*, перепонку можно рассматривать как круглую тонкую пластинку радиуса  $a = 5$  мм и толщиной  $h = 0,3$  мм с модулем упругости  $E = 3,4$  Н/мм<sup>2</sup> и коэффициентом Пуассона  $\nu = 0,4$  (соответствующими хрящевой ткани). Найти максимальный прогиб реконструированной барабанной перепонки при наличии разницы внешнего статического атмосферного давления и давления в полости среднего уха, равном  $P_s = 20$  Па, считая, что на крае пластинки реализуются условия а) свободного опирания, б) жесткой заделки, в) упругой заделки (уравнение

$$\left( k_r w + Q_r \right) \Big|_{r=a} = 0, \left( k_r \frac{\partial w}{\partial r} + M_r \right) \Big|_{r=a} = 0,$$

2. Пусть на головку изолированной стремени косточки в направлении оси  $S\zeta$  действует статическая сила  $F(0, 0, f\zeta)$  (см. рис. 1).

Принимая во внимание силы, действующие со стороны кольцевидной связки, но пренебрегая действием стремени мышцы и силами со стороны наковальни, выписать уравнения равновесия стремени и найти вектор перемещений и поворотов  $(\zeta_S, \eta_S, \zeta_\zeta, \alpha_\xi, \alpha_\eta)$  подножной пластинки стремени.

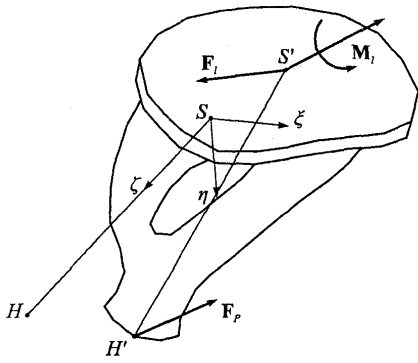


Рис. 8.7. Начальное и результирующее положения стремени относительно системы координат  $S\xi\eta\zeta$ ; силы и моменты, действующие на стремя

*Указание к решению задачи.* Считать, что колецевидная связка подчиняется

физическому состоянию  $(f_{\xi}, f_{\eta}, f_{\zeta}, m_{\xi}, m_{\eta}, m_{\zeta})^T = C_{RB} (\xi_{S'}, \eta_{S'}, \zeta_{S'}, \alpha_{\xi}, \alpha_{\eta}, \alpha_{\zeta})^T$

3. Экспериментально установлено, что критическая величина силы  $F(f_{\zeta}, 0, 0)$  (см. условие предыдущей задачи), при которой происходит вывих стременной косточки, приблизительно равна 1 Н. Вычислить компоненты вектора перемещений и поворота подножной пластинки стремени, соответствующие силе  $F(f_{\zeta}, 0, 0)$ , равной: а) 0,1 Н, б) 0,25 Н, в) 0,5 Н, г) 1,0 Н.

4. При исследовании стремени на наличие отосклеротического анкилоза хирург исследует стременную косточку на ее подвижность, совершая легкие движения головки стремени в направлении продольной оси  $Sq$ . Определить силу  $F(f, 0, 0)$ , с которой хирург должен толкать головку стремени в направлении оси  $S\xi$ , для того чтобы подножная пластинка повернулась вокруг оси  $S\xi$  на угол  $\alpha_{\eta}$ , равный: а)  $5^\circ$ , б)  $15^\circ$ , в)  $30^\circ$ .

Считать стремя изолированной косточкой, пренебрегая действием стременной мышцы и наковальни. Принять, что колецевидная связка подчиняется физическому

состоянию  $(f_{\xi}, f_{\eta}, f_{\zeta}, m_{\xi}, m_{\eta}, m_{\zeta})^T = C_{RB} (\xi_{S'}, \eta_{S'}, \zeta_{S'}, \alpha_{\xi}, \alpha_{\eta}, \alpha_{\zeta})^T$ .

5. Условие устойчивого движения с однопериодической ходьбой двуногой системы?
6. Основные проблемы, возникающие при исследовании устойчивой ходьбы.
7. Провести описание двухмерной проекции фазового портрета двуногой циркульной ходьбы.
8. Необходимые параметры для моделирования однопериодической или симметричной ходьбы на двух ногах.
9. Уравнения смены ног в математической модели однопериодической ходьбы на двух ногах.
10. Что такое Recoil и Shortening стента?
11. Основные различия матричных и проволоочных стенов?
12. Человеческое ухо воспринимает упругие волны в интервале частот от  $\omega = 20$  Гц до  $\omega = 20$  кГц. Каким длинам волн соответствует этот интервал в воздухе? Воде? Скорости звука в воздухе и воде равны  $V = 330$  м/с,  $V = 1400$  м/с соответственно.
13. Изучение барабанной перепонки уха показало, что скорость колебаний ее участков - величина одного порядка со скоростью смещения молекул воздуха при распространении плоской волны. Исходя из этого факта, вычислить амплитуду колебаний участков барабанной перепонки для двух случаев (частота  $\omega = 1$  кГц):

- а) порог слышимости;
- б) порог болевого ощущения.

14. Определить среднюю силу, действующую на барабанную перепонку человека (площадь  $S = 66 \text{ мм}^2$ , частота  $\omega = 1 \text{ кГц}$ ), для двух случаев:

- а) порог слышимости;
- б) порог болевого ощущения.

15. Схематическое изображение сердечнососудистой системы (ССС)?

16. На каком участке ССС осуществляется обмен веществ?

17. Что такое ламинарное течение, чем отличается от турбулентного?

18. Чем вызывается турбулизация потока?

19. Что такое объемная и линейная скорости кровотока?

20. Эквивалентная электрическая схема сосуда с сужением?

21. Эквивалентная электрическая схема при сужении одного из мелких сосудов разветвленной сосудистой системы?

22. Что такое резистивная модель и в чем ее особенности?

23. Что такое шунтирование?

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время зачета билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках задания, выданного студенту.

### **9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы**

Учебным планом курсовая работа (проект) не предусмотрены.

### **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечены электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине.

В учебный процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

### **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов» форме.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки бакалавров – 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Направленность (профиль) – Инженерное дело в медико-биологической практике  
Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Биомеханика»

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ № 1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

**Основные проблемы, возникающие при исследовании устойчивой ходьбы.**

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

**На каком участке ССС осуществляется обмен веществ?**

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

При исследовании стремени на наличие отосклеротического анкилоза хирург исследует стременистую косточку на ее подвижность, совершая легкие движения головки стремени в направлении продольной оси  $Sq$ . Определить силу  $F(f,0,0)$ , с которой хирург должен толкать головку стремени в направлении оси  $S\xi$ , для того чтобы подножная пластинка повернулась вокруг оси  $S\xi$  на угол  $a_\eta$ , равный: а)  $5^\circ$ , б)  $15^\circ$ , в)  $30^\circ$ .

Считать стремя изолированной косточкой, пренебрегая действием стременистой мышцы и наковальни. Принять, что кольцевидная связка подчиняется физическому состоянию

$$(f_{I\xi}, f_{I\eta}, f_{I\zeta}, m_{I\xi}, m_{I\eta}, m_{I\zeta})^T = C_{RB} (\xi_{S'}, \eta_{S'}, \zeta_{S'}, \alpha_\xi, \alpha_\eta, \alpha_\zeta)^T.$$

**Критерии итоговой оценки за зачет:**

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: проф. кафедры АТП \_\_\_\_\_ Б.И. Масленников

Заведующий кафедрой: \_\_\_\_\_ Б.И. Марголис