



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**



**Рабочая программа дисциплины
«Биомеханика кровеносной системы»**

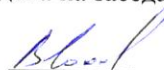
Направление подготовки	01.06.01. Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Биомеханика
Научная специальность	01.02.08. Биомеханика
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Теоретическая механика и биомеханика (ТМБ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2,3	Семестр (ы): 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен:	Зачёт: 4, 5

Пермь 2017г.

Рабочая программа дисциплины «Биомеханика кровеносной системы» разработана на основании следующих нормативных документов:


- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 866 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01. – Математика и механика;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 01.02.08. – Биомеханика, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 01.02.08. – Биомеханика.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ТМБ
Протокол от «24» мая 2017 г. № 33.
Зав. кафедрой канд. физ.-мат. наук, доц.


(подпись)

В.А. Лохов

Разработчик канд. физ.-мат. наук
программы


(подпись)

М.И. Шмурак

Руководитель доктор тех.наук, профессор
программы


(подпись)

Ю.И. Няшин

Согласовано:

Начальник УПКВК


(подпись)

Л.А. Свисткова

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области биомеханики кровообращения.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции**:

- Самостоятельная подготовка и проведение исследований физико-механических свойств биоматериалов и их заменителей в системе кровообращения (ПК-2);
- Владение методами построения и исследования математических и биомеханических моделей кровообращения, определяющих соотношений для живых тканей с учётом их адаптационных способностей (ПК-3).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

• **формирование знаний**

- общих законов движения крови, основных математических моделей, применяемых для моделирования течения крови;

• **формирование умений**

- свободно владеть основными понятиями биомеханики кровообращения и методами решения задач вычислительной гидродинамики;

• **формирование навыков**

- составления расчетных схем процессов происходящих в системе кровообращения и решения соответствующих математических задач.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- кровь;
- система кровообращения;
- модели движения крови в элементах кровеносной системы;
- механические и биологические свойства крови и сосудов;
- перистальтика;
- начально-краевые задачи медицинской биомеханики.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.02 «Биомеханика кровеносной системы» является обязательной дисциплиной вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 01.02.08. – Биомеханика и выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

Знать:

- основные уравнения механики жидкости для описания течения крови в различных элементах системы кровообращения;
- основные определяющие соотношения, описывающие механику течения крови с учетом влияния движения стенок кровеносных сосудов;
- законы механики неньютоновской жидкости;
- современные методы решения задач биомеханики кровообращения

Уметь:

- применять методы исследования биомеханики кровообращения;

- применять уравнения движения вязкой неньютоновской жидкости;
- применять методы построения линий тока;
- осуществить математическую постановку задачи вычислительной гидродинамики течения крови с учетом влияния стенок сосуда и стента с памятью формы;

Владеть:

- методами и приёмами самостоятельного мышления при выборе математических моделей и расчетных схем для решения задач биомеханики кровообращения.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

Код ПК-2	Формулировка компетенции Самостоятельная подготовка и проведение исследований физико-механических свойств биоматериалов и их заменителей в системе кровообращения
--------------------	---

Код ПК-2 Б1.В.02	Формулировка дисциплинарной части компетенции Самостоятельная подготовка и проведение исследований физико-механических свойств биоматериалов и их заменителей в системе кровообращения
-------------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: общие законы движения крови, основные уравнения механики жидкости, современные модели биомеханики течения крови,	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: Строить модели кровообращения, решать задачи гидродинамики	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
Владеть: методами построения и исследования математических моделей живых структур, определяющих соотношений для живых тканей	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код ПК-3	Формулировка компетенции Владение методами построения и исследования математических и биомеханических моделей кровообращения, определяющих соотношений для живых тканей с учётом их адаптационных способностей
--------------------	--

Код ПК-3 Б1.В.02	Формулировка дисциплинарной части компетенции Владение методами построения и исследования математических и биомеханических моделей кровообращения, определяющих соотношений для живых тканей с учётом их адаптационных способностей
-------------------------------	---

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
-----------------------------	----------------------------	------------------------

Знать: современные научные достижения в биомеханике кровообращения	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: разрабатывать новые подходы для изучения гидродинамики кровообращения	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
Владеть: Современными методами и средствами решения исследовательских задач гидродинамики	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы
Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		4 семестр	5 семестр
1	Аудиторная работа	12	
	В том числе:		
	Лекции (Л)	5	-
	Практические занятия (ПЗ)	-	5
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1	1
	Самостоятельная работа (СР)	66	66
	Итоговая аттестация по дисциплине: Зачет	-	45
	Форма итогового контроля:	Зачет	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4,5 семестр)

Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий					Итоговый контроль	Самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч / ЗЕ
		аудиторная работа			КСР	Самостоятельная работа			
		всего	Л	ПЗ					
1	1	2	1	1	0	0	33	18	
	2	2	1	1	0	0	33	18	
Всего по разделу:		4	2	2	1	0	66	36/1	
2	3	2	1	1	0	0	22	12	
	4	2	1	1	0	0	22	12	
	5	2	1	1	0	0	22	12	
Всего по разделу:		6	3	3	1	0	66	36/1	
Промежуточная аттестация		0	0	0	0	36	0	0	
Итого:			5	5	2	36	132	144/4	

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4 семестр)

Раздел 1. Сосуды. Кровь.

(Л – 2, СР – 66)

Тема 1. **Состав и реология крови. Биомеханика течения крови.** *Строение кровеносной системы. Аорта. Вена. Капилляры. Сердце. Состав крови. Большой и малый круги кровообращения. Модели, описывающие реологию крови. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Модель Кассона. Гематокрит.*

Тема 2. **Структурные особенности и определяющие соотношения для моделирования артериальных сосудов и вен.** *Медиа. Адвенция. Интима. Waviness. Распределение коллагеновых волокон. Вязкоупругие модели. Гиперупругие модели. Гипоупругие модели. Методы определения параметров определяющих соотношений.*

Раздел 2. Применение методов вычислительной гидродинамики для решения задач биомеханики кровообращения

(Л – 3, СР – 66)

Тема 3. **Вычислительная гидродинамика.** *Явные и неявные расчётные схемы. Метод конечных элементов.*

Тема 4. **Решение задач биомеханики кровообращения с учётом взаимодействия «жидкость – твердое тело».** *Взаимодействие жидкость – твердое тело.*

Тема 5. **Решение задачи о течении крови в сосуде с установленным стентом с памятью формы.** *Стент, материалы с памятью формы.*

4.2.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (5 семестр)

Раздел 1. Сосуды. Кровь. (ПЗ – 2 , СР –66)

Тема 1. **Биомеханика течения крови. Течение крови с учётом распространения волны.** *Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Модель Кассона. Гематокрит. Асимптотика и устойчивость. Tube law.*

Тема 2. **Математические модели и определяющие соотношения для описания механического поведения сосудов.** *Вязкоупругие модели. Гиперупругие модели. Гипоупругие модели. Методы определения параметров определяющих соотношений.*

Раздел 2. Применение методов вычислительной гидродинамики для решения задач биомеханики кровообращения

(ПЗ – 3, СР – 66)

Тема 3. **Вычислительная гидродинамика.** *Расчётные схемы. Метод конечных элементов*

Тема 4. **Решение задач биомеханики кровообращения с учётом взаимодействия «жидкость – твердое тело».** *Взаимодействие жидкость – твердое тело*

Тема 5. **Решение задачи о течении крови в сосуде с установленным стентом с памятью формы.** *Стент, материалы с памятью формы.*

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий (из пункта 4.2.2)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Биомеханика течения крови. Течение крови с учётом распространения волны.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Математические модели и определяющие соотношения для описания механического поведения сосудов.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3	Вычислительная гидродинамика.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	4	Решение задач биомеханики кровообращения с учётом взаимодействия «жидкость – твердое тело».	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	5	Решение задачи о течении крови в сосуде с установленным стентом с памятью формы.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
2	3	Численное моделирование неустойчивого течения крови в двумерном коллапсирующем сосуде	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
	1-3	Влияние толщины стенки, осевой деформации и граничных условий на		

	5	зависимость «давление – площадь сечения» в коллапсирующих трубках Влияние стеноза на движение стенки – численный анализ возможного механизма развития ишемической болезни		
3	2	Численное моделирование ньютоновской и неньютоновской моделей крови для графтового анастомоза дистального конца.	Творческое задание	Темы творческих заданий
	1	Влияние неньютоновских свойств крови на течение в бифуркации сонной артерии		
	3	Зависимость давление – скорость жидкости в коллапсирующих трубках		

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Биомеханика кровеносной системы» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Биомеханика кровеносной системы» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.02 «Биомеханика кровеносной системы» <i>(индекс и полное название дисциплины)</i>	БЛОК 1 <i>(цикл дисциплины/блок)</i>								
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15%; text-align: center;">x</td> <td style="width: 50%; border: none;">базовая часть цикла</td> <td style="border: 1px solid black; width: 15%; text-align: center;">x</td> <td style="width: 10%; border: none;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: none;">вариативная часть цикла</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: none;">по выбору аспиранта</td> </tr> </table>	x	базовая часть цикла	x	обязательная		вариативная часть цикла		по выбору аспиранта
x	базовая часть цикла	x	обязательная						
	вариативная часть цикла		по выбору аспиранта						
01.06.01/ 01.02.08 <i>код направления / шифр научной специальности</i>	Математика и механика / Биомеханика <i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i>								

2017
(год утверждения учебного плана)

Семестр(-ы): 4,5

Количество аспирантов: 2

Факультет прикладной математики и механики

Кафедра теоретической механики и биомеханики

*тел. 8(342)239-00-00; rmpi@pstu.ru
(контактная информация)*

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Biomechanics at Micro- and Nanoscale Levels / The Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan; Ed. by H. Wada .— New Jersey : World Scientific, 2005-2007 (Singapore). – ISBN 978-9-8127-0814-4. – Vol. 4 .— 2007 .— 172 p.	<i>1+Электронная библиотека ПНИПУ</i>

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2	Biomechanics at Micro- and Nanoscale Levels / The Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan; Ed. by H. Wada .— New Jersey : World Scientific, 2005-2007 (Singapore) .— ISBN 978-9-8127-0814-4. – Vol. 1 .— 2005 .— 173 p.	1+Электронная библиотека ПНИПУ
3	The World of Nano-Biomechanics. Mechanical Imaging and Measurement by Atomic Force Microscopy / A. Ikai [it el.]. – Amsterdam : Elsevier, 2008 .— 283 p.	1+Электронная библиотека ПНИПУ
4	Modeling of Physiological Flows / Ed. by D. Ambrosi .— Milano : Springer-Verlag, 2012 .— 414 с.	1+Электронная библиотека ПНИПУ
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Biomechanics. Mechanical Properties of Living Tissues / Y. C. Fung .— 2 ed .— New York : Springer-Verl., 1993 .— 568 p.	1
2.2 Периодические издания		
1	Российский журнал биомеханики, 1997-2016	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	не использ.	
2.4 Официальные издания		
1	не предусмотр.	

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

8.3.1. Лицензионные ресурсы¹

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC.

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

– Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / *Электрон. б-ка дис.* – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. *Cambridge Journals* [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманитар., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Пер. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	Mathcad 14 University Classroom	SE14RYMMEV 0002-FLEX	Решение ДУ

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1. Специальные помещения для самостоятельной работы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерный класс	Кафедра ТМБ	405 корп. В	25	10

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры	10	Оперативное управление	405 корп. В
2	Видеопроектор, экран	1	Оперативное управление	407 корп. В

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		

7.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротаяев
« 1 » « 06 » 2017г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине
«Биомеханика кровеносной системы»**

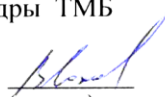
Направление подготовки	01.06.01. Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Биомеханика
Научная специальность	01.02.08. Биомеханика
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Теоретическая механика и биомеханика (ТМБ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2,3	Семестр (ы): 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен:	Зачёт: 4, 5

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Биомеханика кровеносной системы» разработан на основании следующих нормативных документов:

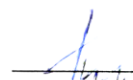
- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 866 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01. – Математика и механика.
- Общая характеристика программы аспирантуры;
- Паспорт научной специальности 01.02.08. – Биомеханика, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума по научной специальности 01.02.08. – Биомеханика.

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ТМБ
Протокол от «24» мая 2017 г. № 33.
Зав. кафедрой канд. физ.-мат. наук, доц.


(подпись)

В.А. Лохов
(Фамилия И.О.)


Руководитель доктор тех.наук, профессор
программы


(подпись)

Ю.И. Няшин
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник управления
подготовки кадров
высшей квалификации


(подпись)

Л.А. Свисткова

Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.В.ОД.1.2 «Биомеханика кровеносной системы» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

ПК-2. Способность самостоятельно подготавливать и проводить исследования физико-механических свойств биоматериалов и их заменителей в системе кровообращения.

ПК-3. Владение методами построения и исследования математических и биомеханических моделей кровообращения, определяющих соотношений для живых тканей с учётом их адаптационных способностей.

7.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров. В 4 семестре предусмотрены аудиторские лекционные занятия, в 5 семестре - практические занятия, а также самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля			
	4 семестр		5 семестр	
	Текущий	Зачёт	Текущий	Зачёт
Усвоенные знания				
3.1 знать основные уравнения механики жидкости для описания течения крови в различных элементах системы кровообращения;	С	ТВ		
3.2 знать основные определяющие соотношения, описывающие механику течения крови с учетом влияния движения стенок кровеносных сосудов	С	ТВ		
3.3 знать законы механики неньютоновской жидкости			С	ТВ
3.4 знать современные методы решения задач биомеханики кровообращения			С	ТВ
Освоенные умения				
У.1 уметь применять методы исследования биомеханики кровообращения	ОТЗ	ПЗ		
У.2 уметь применять уравнения движения вязкой неньютоновской жидкости	ОТЗ	ПЗ		

У.3. уметь применять методы построения линий тока			ОТЗ	ПЗ
У.4 уметь осуществлять математическую постановку задачи вычислительной гидродинамики течения крови с учетом влияния стенок сосуда и стента с памятью формы			ОТЗ	ПЗ
Приобретенные владения				
В.1 методами и приёмами самостоятельного мышления при выборе математических моделей и расчетных схем для решения задач биомеханики кровообращения	ОТЗ	ПЗ	ОТЗ	ПЗ

С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Творческое задание - частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета (4 семестр), проводимые с учетом результатов текущего контроля.

8. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

8.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

• Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
<i>Незачтено</i>	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

8.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (4 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4.

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

10.1 Типовые творческие задания:

1. Провести численное моделирование неустойчивого течения крови в двумерном коллапсирующем сосуде.
2. Исследовать влияние толщины стенки, осевой деформации и граничных условий на зависимость «давление – площадь сечения» в коллапсирующих трубках.
3. Провести численное моделирование ньютоновской и неньютоновской моделей крови для графтового анастомоза дистального конца.
4. Исследовать влияние неньютоновских свойств крови на течение в бифуркации сонной артерии
5. Исследовать зависимость давление – скорость жидкости в коллапсирующих трубках

10.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Сосуды. Кровь. Гемодинамика.
2. Определяющие соотношения, описывающие механическое поведение сосудов.
3. Применение методов вычислительной гидродинамики для решения задач биомеханики кровообращения.
4. Математические модели для различного рода нарушений кровотока.

10.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Перечислить математические модели для описания механического поведения сосудов.
2. Решить задачу биомеханики кровообращения с учётом взаимодействия «жидкость – твердое тело».
3. Решить задачу о течении крови в сосуде с установленным стентом с памятью формы.



Направление
01.06.01 Математика и механика

Программа
Биомеханика

Кафедра
Теоретической механики и биомеханики

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

Дисциплина
«Биомеханика»

БИЛЕТ № 1

1. Определяющие соотношения, описывающие механическое поведение сосудов. (*контроль знаний*)
2. Сформулировать закон Стокса (*контроль умений*)
3. Рассказать о реологических свойствах крови. Роль структуры эритроцитов и их агрегации (*контроль умений и владений*)

Составитель _____
(подпись)

Фамилия И.О.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Фамилия И.О.

« ____ » _____ 201 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		

