

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 06 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Биомеханика кровеносной системы  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.03 Прикладная механика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Биомеханика  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков в области биомеханических процессов системы кровообращения и их структурных элементов, ознакомление с соответствующей терминологией, биомеханическими методами исследований. Основными задачами изучения дисциплины является освоение биомеханических закономерностей функционирования системы кровообращения, применение результатов исследований для развития механики, биологии и медицины, в том числе, для целей диагностики, создания заменителей клапанов сердца и сосудов.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

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

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	знание основных уравнений механики жидкости для описания течения крови в различных элементах системы кровообращения; основных методо и современных проблем биомеханики крови как неньютоновской жидкости; основных определяющих соотношений, описывающих механику течения крови с учетом влияния движения стенок кровеносных сосудов, основных реологических моделей, описывающих течение крови и лимфы в сосудах человека, методов математического моделирования течения крови и поведения кровеносных сосудов; технологий их компьютерной реализации	Знает основные методы анатомо-физиологических исследований человеческого организма, его органов и систем; участвовать в работах по исследованию физико-механических свойств биоматериалов и их заменителей; современные математические и биомеханические модели живых структур, определяющие соотношения для живых тканей с учётом ростовых деформаций и адаптационной способности.	Тест
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	умение осуществлять математическую постановку задачи вычислительной гидродинамики течения крови с учетом влияния стенок сосуда и стента с памятью формы, умение выбрать и реализовать метод решения;	Умеет самостоятельно выполнять научные исследования в области биомеханики и биомедицинской инженерии, включая анатомо-физиологические исследования человеческого организма, его органов и систем, а также физико-механические свойства биоматериалов и их заменителей; разрабатывать, адаптировать и анализировать математические и биомеханические модели живых структур, определяющие соотношения для живых тканей.	Отчет по практике

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	владение навыками решения задач биомеханики крови с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга на основе метода конечных элементов; составления и решения дифференциальных уравнений движения крови; применения программных средств, позволяющих создавать и производить моделирование течения крови в сосудах	Владеет навыками проведения анатомо-физиологических исследований человеческого организма, его органов и систем, работ по исследованию физико-механических свойств биоматериалов и их заменителей; владеет навыками создания, адаптации и анализа математических и биомеханических моделей живых структур, а также определяющих соотношений для живых тканей с учётом ростовых деформаций и адаптационной способности.	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	27	27	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4-й семестр				
Основные понятия из анатомии кровеносной системы	4	0	5	15
Основные понятия и анатомия системы кровообращения. Строение кровеносной системы. Аорта. Вена. Капилляры. Сердце. Состав крови. Большой и малый круги кровообращения.				
Реология крови	4	0	5	15
Модели, описывающие реологию крови. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Модель Кассона. Гематокрит. Уравнения Навье-Стокса для описания течения крови. Течение крови в крупных сосудах как в коллапсирующих трубках. Асимптотика и устойчивость. Tube law.				
Математические модели и определяющие соотношения для описания механического поведения сосудов	4	0	5	15
Вязкоупругие модели. Гиперупругие модели. Гипоупругие модели. Анатомия сосудов гемодинамического русла. Медиа. Адвентиция. Интима. Waviness. Распределение коллагеновых волокон. Методы определения параметров определяющих соотношений. Течение крови в сосудах с учётом распространения волны. Перистальтическое течение крови. Экспериментальное исследование скорости распространения волны.				
Изучение навыков работы с программным обеспечением ANSYS CFX.	4	0	12	18
Изучение навыков работы с программным обеспечением ANSYS CFX.				
<b>ИТОГО по 4-му семестру</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>63</b>
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>63</b>

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Численное моделирование неустойчивого течения крови в двумерном коллапсирующем сосуде
2	Влияние толщины стенки, осевой деформации и граничных условий на зависимость «давление – площадь сечения» в коллапсирующих трубках
3	Влияние стеноза на движение стенки – численный анализ возможного механизма развития ишемической болезни

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
4	Численное моделирование ньютоновской и неньютоновской моделей крови для графтового анастомоза дистального конца
5	Влияние неньютоновских свойств крови на течение в бифуркации сонной артерии
6	Зависимость давление – скорость жидкости в коллапсирующих трубках

### Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Построение модели кровеносного сосуда по КТ снимкам
2	Решение задачи о течении крови в сосуде со стенозом с учётом взаимодействия жидкость - твердое тело.
3	Решение задачи о течении крови в сосуде с установленным стентом с памятью формы

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся 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 установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся 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. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

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

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Няшин Ю. И. Основы биомеханики : учебное пособие / Ю. И. Няшин, В. А. Лохов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	71
2	Парашин В.Б. Биомеханика кровообращения : учеб. пособие для вузов / В.Б.Парашин, Г.П.Иткин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005.	5
3	Экспериментальные методы в биомеханике : учебное пособие / Ю. И. Няшин [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	71
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Fung Y. C. Biomechanics. Mechanical Properties of Living Tissues / Y. C. Fung. - New York: Springer-Verl., 1993.	2
2	Modeling of Physiological Flows / Ed. by D. Ambrosi. - Milano: Springer-Verlag, 2012.	1
3	The World of Nano-Biomechanics. Mechanical Imaging and Measurement by Atomic Force Microscopy / A. Ikai [it el.]. - Amsterdam: Elsevier, 2008.	1
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Российский журнал биомеханики / Российская академия наук, Уральское отделение ; Пермский научный центр ; Российская академия медицинских наук ; Пермский край. Администрация ; Пермский государственный технический университет ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. Ю. И. Няшина. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1997 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Няшин Ю. И. Основы биомеханики : учебное пособие для вузов / Ю. И. Няшин, В. А. Лохов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=835">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=835</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Экспериментальные методы в биомеханике : учебное пособие / Ю. И. Няшин [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=376">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=376</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Компьютер в комплекте	7
Лекция	Мультимедиа комплект в составе: ноутбук, проектор	1
Практическое занятие	Компьютер в комплекте	7

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Факультет прикладной математики и механики  
Кафедра «Вычислительная математика, механика и биомеханика»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Биомеханика кровеносной системы»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.04.03 Прикладная механика
<b>Профиль программы магистратуры:</b>	Биомеханика
<b>Квалификация выпускника:</b>	Магистр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Вычислительная математика, механика и биомеханика
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр: 3</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	
Экзамен, курсовая работа:	3 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3-го семестра учебного плана). В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала и промежуточной аттестации. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля						
	Текущий			Промежуточный й/ рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ПЗ	ОЛР	Т/КР/ КИЗ	К/р	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>							
<b>З.1</b> знать основные уравнения механики жидкости для описания течения крови в различных элементах системы кровообращения; основных методов и современных проблем биомеханики крови как неньютоновской жидкости; основных определяющих соотношений, описывающих механику течения крови с учетом влияния движения стенок кровеносных сосудов, основных реологических моделей, описывающих течение крови и лимфы в сосудах человека, методов математического моделирования течения крови и поведения кровеносных сосудов; технологий их компьютерной реализации	С	ТО			КР		ТВ
<b>Освоенные умения</b>							
<b>У. 1.</b> уметь осуществлять математическую постановку задачи вычислительной гидродинамики течения крови с учетом влияния			ПЗ2- ПЗ4, ПЗ8- ПЗ10		КР	ИЗ	ПЗ

стенки сосуда и стента с памятью формы, умение выбрать и реализовать метод решения							
<b>Приобретенные владения</b>							
<b>В.1</b> владение навыками решения задач биомеханики крови с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга на основе метода конечных элементов; составления и решения дифференциальных уравнений движения крови; применения программных средств, позволяющих создавать и производить моделирование течения крови в сосудах .			ПЗ7-ПЗ10			ИЗ	КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КИЗ – кейс-задача (комплексное индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде курсового проекта и экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования, выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Промежуточный и рубежный контроль**

Промежуточный и рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты результатов практических занятий и рубежных контрольных работ.

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Лабораторных работ по дисциплине не предусмотрено.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланированы две рубежные контрольные работы по разделам дисциплины.

##### **Типовые задания КР 1:**

1. Модели, описывающие реологию крови.
2. Перистальтическое течение крови.

##### **Типовые задания КР 2:**

1. Анатомия сосудов гемодинамического русла.
2. Взаимодействие жидкость – твердое тело.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС магистерской программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Выполнение курсового проекта**

Курсовой проект представляет собой комплексное индивидуальное задание. Проблематика индивидуального задания должна соответствовать типовой теме курсового проекта, приведённой в РПД. На выполнение индивидуальных заданий отводиться 21 час самостоятельной работы студента.

Защита курсовой работы проводится в конце первого семестра

индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты приведены в общей части ФОС магистерской программы.

**Темы типовых индивидуальных заданий для курсового проекта:**

1. Численное моделирование неустойчивого течения крови в двумерном коллапсирующем сосуде
2. Влияние толщины стенки, осевой деформации и граничных условий на зависимость «давление – площадь сечения» в коллапсирующих трубках
3. Влияние стеноза на движение стенки – численный анализ возможного механизма развития ишемической болезни
4. Численное моделирование ньютоновской и неньютоновской моделей крови для графтового анастомоза дистального конца
5. Влияние неньютоновских свойств крови на течение в бифуркации сонной артерии.
6. Зависимость давление – скорость жидкости в коллапсирующих трубках.

**2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

**Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Ламинарное и турбулентное движение жидкости.
2. Уравнение Навье-Стокса.
3. Определяющие соотношения линейно вязкой (ньютоновой) жидкости.
4. Система уравнений, описывающих движение идеальной жидкости.

**Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Описать ламинарное течение жидкости в трубе (течение Пуазейля).
2. Описать особенности модели Каро.
3. Описать модель Гарвея (модель большого круга кровообращения).

**Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Осуществить постановку и решить задачу о течении крови в сосуде со стенозом с учётом взаимодействия жидкость – твердое тело.
2. Осуществить постановку и решить задачу о течении крови в сосуде с установленным стентом с памятью формы.

Перечень типовых ситуационных заданий и кейсов для проверки умений и владений представлен в приложении 1.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

**2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения при экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов и компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

***Примечание:** Полный комплект контрольно-измерительных материалов хранится на кафедре, которая ведет дисциплину, и на выпускающей кафедре на электронном носителе (CD, DVD диски). Полный комплект контрольно-измерительных материалов содержит: теоретические вопросы для теоретических опросов по лекционному материалу, практические задания, индивидуальные задания, рубежные контрольные работы, полный перечень теоретических вопросов и практических заданий аттестационного испытания в утвержденной форме и т.п.. Полный комплект контрольно-измерительных материалов для контроля уровня сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций, может быть дополнен или изменен преподавателем, исходя из особенностей обучающихся той или иной академической группы, а так же принимая во внимание особенности изучаемой темы и современное информационное наполнение дисциплины.*

### **Приложение 1.**

#### **Типовые ситуационные задания и кейсы для проверки умений и владений**

**Задание № \_\_. (анализ кейс-стади)**

Проверяемые результаты обучения: У1; В1

Задание. Внимательно прочитайте текст предложенного кейса и ответьте на вопросы задания.

## **Критерии оценки ситуационных заданий**

*Оценка «пять» ставится, если обучающийся осознанно излагает и оценивает суть данной ситуации, с аргументацией своей точки зрения, умеет анализировать, обобщать и предлагает верные пути решения складывающейся ситуации.*

*Оценка «четыре» ставится, если обучающийся понимает суть ситуации, логично строит свой ответ, но допускает незначительные неточности при определении путей решения.*

*Оценка «три» ставится, если обучающийся ориентируется в сущности складывающейся ситуации, но нуждается в наводящих вопросах, не умеет анализировать и не совсем верно намечает пути решения ситуации.*

*Оценка «два» ставится, если обучающийся не ориентируется и не понимает суть данной ситуации, не может предложить путей ее решения, либо допускает грубые ошибки.*

### **Ситуация 1. Закон Пуазеля.**

Дано: Как изменится кровяное давление на входе и выходе сосуда (длина сосуда 5 см, радиус сосуда 1,25 см), если известно, что давление на входе равно 100 Па, средняя скорость кровотока в сечении 50 см / м. Плотность и вязкость крови известны (13,6 г / см<sup>3</sup> и 0,005, соответственно).

**Ситуация 2.** Описать реологические свойства крови в норме. Привести примеры ламинарное и турбулентное течения крови. Описать роль структуры эритроцитов и их агрегаций.