

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

« 11 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Методы моделирования и оптимизации
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(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

Привитие навыков и умения владеть основными методами моделирования и оптимизации явлений и процессов и методами решения возникающих при этом задач.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Модели природного, технологического или социального процесса; алгоритмы оптимизации процесса и его реализация в виде компьютерной программы.

1.3. Входные требования

Теория пластичности и ползучести.
Термодинамика биосистем.
Современные проблемы биомеханики.
Механика контактного взаимодействия и разрушения.

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
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает основные методы моделирования явлений и процессов	Знает основные методы и подходы к построению математических моделей различных объектов исследования с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды.	Экспресс-тест
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет пользоваться вариационными принципами	Умеет выделять из рассматриваемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели.	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет основными способами программной реализации алгоритмов оптимизации	Владеет навыками построения математических моделей рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели.	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
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)	27	27	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

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	
2-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Элlementарные математические модели	6	6	0	17
Тема 1. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи моделирования и оптимизации. Тема 2. Модели, получаемые из фундаментальных законов природы. Сохранение массы вещества. Поток частиц в трубе. Тема 2. Баланс массы. Сохранение энергии. Процессы теплопередачи. Закон Фурье. Сохранение числа частиц. Совместное применение законов. Тема 3. Модели из вариационных принципов. Иерархия моделей. Уравнения движения механической системы. Уравнения Лагранжа. Принцип Гамильтона. Тема 4. Законы сохранения и свойства пространства и времени. Электромеханическая аналогия.				
Модели некоторых трудноформализуемых объектов.	4	4	0	7
Тема 1. Универсальность математических моделей. Динамика скопления амёб. Случайный марковский процесс. Тема 2. Некоторые модели финансовых и экономических процессов. Организация рекламной кампании. Взаимозачет долгов предприятий. Тема 3. Некоторые модели соперничества. Взаимоотношения в системе "хищник – жертва". Тема 3. Тема 1. Применение методов подобия. Анализ размерностей и групповой анализ моделей. Автомодельные процессы.				
Численные методы решения задач одномерной оптимизации	4	12	0	24
Тема 1. Метод осреднения. Локализованные структуры в нелинейных средах. Различные способы осреднения. Тема 2. Прямые методы. Метод перебора. Метод поразрядного поиска. Метод исключения отрезков. Метод парабол. Тема 3. Методы, использующие производные функции. Метод средней точки. Метод хорд. Метод Ньютона. Метод кубической аппроксимации. Тема 4. Методы минимизации многомодальных функций. Метод перебора. Метод ломаных. Тема 5. Минимизация по правильному симплексу. Минимизация по деформируемому симплексу. Тема 6. Метод градиентного спуска. Метод наискорейшего спуска. Тема 7. Метод сопряженных градиентов. Метод Ньютона.				
Задачи математического программирования	2	5	0	15
Тема 1. Задачи математического программирования. Постановка и классификация задач математического программирования. Примеры задач оптимизации, сводящихся к задачам математического				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
программирования. Тема 2. Решение задач линейного программирования. Постановки задач. Графический метод. Тема 3. Решение задач линейного программирования. Симплекс-таблица. Симплекс-метод. Метод искусственного базиса. Тема 4. Минимизация в бесконечномерных пространствах. Минимизация функционалов. Вопросы обоснования применимости методов моделирования и оптимизации.				
ИТОГО по 2-му семестру	16	27	0	63
ИТОГО по дисциплине	16	27	0	63

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Метод золотого сечения.
2	Поиск минимума функции n переменных в заданном направлении.
3	Методы второго порядка.
4	Метод штрафных функций.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>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.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>

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 лабораторным работам 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
1. Основная литература		
1	Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н. В. Голубева. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2016.	3
2	Лесин В. В. Основы методов оптимизации : учебное пособие для вузов / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2011.	17
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]. - М: Логос, 2007.	37
2	Гитман М. Б. Введение в стохастическую оптимизацию : учебное пособие / М. Б. Гитман. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	50
3	Чикуров Н. Г. Моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н. Г. Чикуров. - Москва: РИОР, ИНФРА-М, 2013.	1
2.2. Периодические издания		
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 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Ашихмин В.Н. и др. Под ред. П.В. Трусова. Введение в математическое моделирование. – М.: Логос, 2007, 439 с.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUbooks118312	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Гитман М.Б. Введение в стохастическую оптимизацию. Пермь, изд-во ПГТУ, 2008, 103 с.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUbooks128255	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Чикуров Н.Г. Моделирование систем и процессов. М.: РИОР:ИНФРА-М, 2013, 398 с.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUbooks167423	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов. – С.Пб.: Лань, 2013, 191 с.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUbooks189496	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации. С.-Пб.: Лань, 2011, 341 с	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUbooks157991	сеть Интернет; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

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	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер в комплекте	7
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Проектор	1
Лекция	Экран	1

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
«Методы моделирования и оптимизации»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 15.04.03 Прикладная механика

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

Квалификация выпускника: «Магистр»

Выпускающая кафедра: Вычислительная математика, механика и
биомеханика

Форма обучения: Очная

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачет: 2 семестр

Пермь 2022 г.

Фонд оценочных средств 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, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-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/ рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ПЗ	ОЛР	Т/КР/ КИЗ		Зачет
Усвоенные знания							
З.1 знать основные методы и подходы к построению математических моделей различных объектов исследования механики сплошной среды	С	ТО			КР		ТВ
Освоенные умения							
У.1 уметь выделять из исследуемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели				ОЛР	КР		ПЗ
Приобретенные владения							
В.1 владеть навыками построения математических моделей рассматриваемого объекта механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели.				ОЛР			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); *РГР* – расчетно-графическая работа; *ТВ* – теоретический вопрос; *ПЗ* – практическое задание; *КЗ* – комплексное задание экзамена (зачета).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, 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 бланчного 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 или выборочного теоретического опроса / тестирования студентов по лекционному материалу, защиты отчетов лабораторных работ. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

На выполнение отчетов лабораторных работ отводится 63 часа самостоятельной работы студента. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД. Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС магистерской программы.

2.2. Промежуточный и рубежный контроль

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

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 4 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланированы рубежные контрольные работы по разделам дисциплины.

Типовые задания КР:

1. Примеры аналогий между механическими, термодинамическими и экономическими объектами.
2. Взаимоотношения в системе “хищник – жертва”.
3. Минимизация по деформируемому симплексу.
4. Минимизация в бесконечномерных пространствах.

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

2.2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется комплексное индивидуальное задание студенту, например, на семинарах.

Типовые КИЗ:

1. Найти стороны прямоугольника, вписанного в окружность радиуса R и имеющего наибольшую площадь S .
2. В заданный треугольник ABC с высотой H и основанием b вписать параллелограмм наибольшей площади, стороны которого параллельны двум сторонам треугольника.
3. В прямой круговой конус вписан прямой круговой цилиндр так, что основания конуса и цилиндра лежат в одной плоскости. Найти наибольшую возможную часть объема конуса, занятую таким цилиндром.
4. Требуется спроектировать бак горючего в виде прямого кругового цилиндра заданного объема V , на изготовление которого будет затрачено наименьшее количество листовой стали.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной 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.

2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений, а также может содержать 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.

2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Метод искусственного базиса.
2. Метод циклического покоординатного спуска.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Привести пример определения ускорения некоторой точки механической системы с одной степенью свободы с помощью общего уравнения динамики.
2. Применить метод хорд для поиска локального минимума заданной степенной функции.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Построить модель образования кластеров из бактериальных клеток.
2. Провести обоснование применения того или иного метода одномерной оптимизации, использующего производную функции.

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 на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета 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 компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете 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 зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.