

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 20 » февраля 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Численные методы расчета на прочность горных машин
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____ 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 21.05.04 Горное дело
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Горные машины и оборудование
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование знаний, умений и навыков, необходимых для проектирования горных машин с помощью автоматизированных сред проектирования ЭВМ, в том числе составления технической документации, анализа конструкции и прочностного расчета оборудования.

Задачи дисциплины:

- изучение основных этапов решения инженерных задач на ЭВМ, знание сути численных методов решения основных задач;
- формирование умения проведения расчетов на прочность на ЭВМ, решение задач численными методами;
- формирование навыков численного решения задач расчета на прочность конструкций и проектирования горных машин.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Горные машины, конструкция, условия прочности, техническая и нормативная документация.

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
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знает содержание основных этапов разработки проектной и технической документации при проектировании горных машин	Знает содержание основных этапов разработки проектной и технической документации при проектировании горных машин и электромеханического оборудования	Собеседование
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Умеет работать с нормативной документацией (правилами безопасности, нормами проектирования и др.), разрабатывать и оформлять в соответствии с ней методики расчета и расчетные схемы	Умеет работать с нормативной документацией (правилами безопасности, нормами проектирования и др.), разрабатывать и оформлять в соответствии с ней технические проекты и отчеты	Индивидуальное задание

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	Владеет навыками разработки и оформления проектной документации и расчетов на различных стадиях разработки и модернизации горных машин	Владеет навыками разработки и оформления проектной и технической документации на различных стадиях разработки и модернизации горных машин и электромеханического оборудования	Индивидуальное задание
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	Знает способы и подходы расчетов на прочность конструкций горных машин, задачи и методы численных решений и обработки баз данных	Знает объекты профессиональной деятельности, задачи исследований, методы проведения экспериментальных исследований	Собеседование
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	Умеет проводить обработку и анализ баз данных, в том числе оценку достоверности результатов, решение систем уравнений, интегрирование, дифференцирование, интерполяцию и аппроксимацию функций	Умеет проводить обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований	Индивидуальное задание
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	Владеет навыками проведения исследований режимов работы горных машин, составления и оформления расчетов	Владеет навыками проведения исследований объектов профессиональной деятельности, составления отчетов по выполненным исследованиям и разработкам	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	44	44	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	22	22	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	64	64	
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	СРС
8-й семестр				
Общие сведения о численных методах в инженерном деле	4	0	2	12
Введение. Предмет и задачи дисциплины; численные методы; виды математических моделей; этапы составления математической модели. Тема 1. Погрешность и достоверность расчетов и исследований. Погрешность и достоверность: значимость в исследованиях и расчетах, виды, способы оценки; инженерная точность; способы увеличения достоверности измерений и расчетов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Численное решение задач расчетов на прочность	8	0	8	24
<p>Тема 2. Численное решение уравнений и задач оптимизации. Решение уравнений и систем уравнений на ЭВМ; суть и методы численного решения уравнений; реализация численного решения уравнений в Mathcad; погрешность решения.</p> <p>Тема 3. Численное интегрирование и дифференцирование. Интегрирование и дифференцирование на ЭВМ; суть и методы численного интегрирования и дифференцирования; реализация численного интегрирования функции в Mathcad; погрешность решения.</p> <p>Тема 4. Интерполяция и аппроксимация данных. Определение интерполяции и аппроксимации; интерполяция и аппроксимация данных на ЭВМ; суть и методы численного решения задач интерполяции и аппроксимации; реализация численного решения задач интерполяции и аппроксимации в Mathcad; погрешность решения.</p> <p>Тема 5. Спектральный анализ. Определение спектра; назначение спектрального анализа; сглаживание данных и синтез частот; реализация спектрального анализа данных в Mathcad.</p>				
Моделирование и расчет горных машин	6	0	12	28
<p>Тема 6. Основы работы в КОМПАС-3D. Основные задачи, выполняемые в КОМПАС-3D; инструменты и средства управления; построение моделей, операции выдавливания, вырезания, построения дополнительных плоскостей, построение массивов.</p> <p>Тема 7. Прочностной расчет моделей. Основные задачи, выполняемые в КОМПАС-3D при прочностном расчете; инструменты и средства управления АРМ FEM; метод конечных разностей; метод конечных элементов; расчет на прочность и устойчивость в КОМПАС-3D; увеличение достоверности решения моделей.</p>				
ИТОГО по 8-му семестру	18	0	22	64
ИТОГО по дисциплине	18	0	22	64

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Оценка погрешности арифметических операций

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
2	Численное решение уравнений
3	Численное интегрирование функции
4	Интерполяция и аппроксимация данных
5	Спектральный анализ данных, обработка
6	Построение моделей в КОМПАС-3D
7	Расчет моделей на прочность
8	Расчет балок методом конечной разности
9	Расчет тел методом конечных элементов

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление 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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

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, 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	Вержбицкий В. М. Основы численных методов : учебник для вузов / В. М. Вержбицкий. - Москва: Высш. шк., 2009.	15
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Авдеев В. И. Сопротивление материалов с примерами расчетов в среде MATHCAD : учебное пособие / В. И. Авдеев, Г. С. Егодуров. - Старый Оскол: ТНТ, 2016.	6
2	Бахвалов Н. С. Численные методы : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2019.	5
3	Большаков В. П. Твёрдотельное моделирование деталей в CAD-системах: AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creo : учебное пособие для вузов / В. Большаков, А. Бочков, Ю. Лячек. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2015.	12
4	Кашеварова Г. Г. Ч. 1 / Г. Г. Кашеварова, Т. Б. Пермякова, М. Е. Лаищева. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2015. - (Численные методы решения задач строительства : учебное пособие : в 2 ч.; Ч. 1).	50
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
1	ГОСТ 2.103-2013 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Стадии разработки (с Поправками)»	1
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Макаров Е. Г. Mathcad : учебный курс / Е. Г. Макаров. - Санкт-Петербург: Питер, 2009.	32

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Кашеварова Г. Г. Ч. 1 / Г. Г. Кашеварова, Т. Б. Пермякова, М. Е. Лаищева. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2015. - (Численные методы решения задач строительства : учебное пособие : в 2 ч.; Ч. 1).	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks178067	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Краюткина, Е. В. Численные методы в научных расчетах : учебное пособие. курс лекции? / Е. В. Краюткина. - Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/iprbooks62884	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Решение инженерных задач в пакете MathCAD : учебное пособие / Ю. Е. Воскобойников, А. Ф. Задорожный?, Л. А. Литвинов, Ю. Г. Черный?. - Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2013.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/iprbooks68838	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	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022)
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	КОМПАС-3D V14 (лиц.Иж-12-00110)

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
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер в комплекте (системный блок, монитор, клавиатура, мышь)	10

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Численные методы расчета на прочность горных машин»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 21.05.04 «Горное дело»

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** «Горные машины»

Квалификация выпускника: «Специалист»

Выпускающая кафедра: Горная электромеханика

Форма обучения: Очная

Курс: 4

Семестр: 8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачет: 8 семестр

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. Объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (8-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. 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, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. 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	Рубежный	Итоговый (зачет)
	КЗ	С	С
Усвоенные знания			
3. 1 Знает содержание основных этапов разработки проектной и технической документации при проектировании горных машин. 3. 2 Знает способы и подходы расчетов на прочность конструкций горных машин, задачи и методы численных решений и обработки баз данных	C1		C1
	C2		C2
	C3		C3
Освоенные умения			
У. 1 Умеет проводить обработку и анализ баз данных, в том числе оценку достоверности результатов, решение систем уравнений, интегрирование, дифференцирование, интерполяцию и аппроксимацию функций. У. 1 Умеет работать с нормативной документацией (правилами безопасности, нормами проектирования и др.), разрабатывать и оформлять в соответствии с ней методики расчета и расчетные схемы		K31	K31
		K32	K32
		K33	K33
		K34	K34
		K35	K35
		K36	K36
		K37	K37
		K38	K38
Приобретенные владения			
В. 1 Владеет навыками проведения исследований режимов работы горных машин, составления и оформления расчетов.		K31	K31
		K32	K32
		K33	K33

В. 2 Владеет навыками разработки и оформления проектной документации и расчетов на различных стадиях разработки и модернизации горных машин		К34	К34
		К35	К35
		К36	К36
		К37	К37
		К38	К38

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

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом 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 производится по каждому пройденному модулю. Преподавателем проводится опрос студентов,

задаются вопросы на понимание пройденного материала. Студенты, успешно прошедшие собеседование, допускаются до сдачи индивидуальных заданий соответствующего модуля.

2.1.1. Типовые вопросы собеседования

Модуль 1. Общие сведения о численных методах в инженерном деле.

1. Виды математических моделей.
2. Этапы составления математической модели.
3. Виды погрешностей.
4. Причины появления погрешностей, методы повышения достоверности измерений / расчетов (в соответствии с заданным видом погрешности).

Модуль 2. Численное решение задач расчетов на прочность.

1. Виды численных задач расчетов на прочность.
2. Суть решения уравнений методом хорд.
3. Суть решения уравнений методом касательных.
4. Суть решения уравнений методом простой итерации.
5. Этапы решения задачи оптимизации.
6. Этапы решения дифференцирования.
7. Суть численного интегрирования прямоугольниками (левыми / правыми / средними).
8. Суть численного интегрирования трапециями.
9. Суть численного интегрирования методом Симпсона.
10. Суть численного интегрирования методом Гаусса.
11. Определение интерполяции.
12. Определение аппроксимации.
13. Суть построения аппроксимирующей функции в ЭВМ.
14. Определение спектр.
15. Назначение спектрального анализа.
16. Характерные частоты работы горных машин.

Модуль 3. Моделирование и расчет горных машин.

1. Основные инструменты создания моделей в КОМПАС-3D.
2. Основные операции создания моделей в КОМПАС-3D.
3. Суть метода конечных разностей.
4. Суть метода конечных элементов.
5. Назначение матрицы жесткости.
6. Составляющие модели, описанной методом конечных элементов.
7. Точность решения задач методом конечных элементов.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания освоенных умений и навыков (табл. 1.1) проводится в форме выполнения индивидуальных заданий по каждой пройденной теме. Сдача работ заносится в книжку преподавателя и учитывается в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2.1. Типовые индивидуальные задания

1. Оценка погрешности арифметических операций (по вариантам).
2. Численное решение уравнений (по вариантам).
3. Численное интегрирование функции (по вариантам).
4. Интерполяция и аппроксимация данных (по вариантам).
5. Спектральный анализ данных, обработка (по вариантам).
6. Построение моделей в КОМПАС-3D.
7. Расчет моделей на прочность.
8. Расчет тел методом конечных элементов.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешно пройденное собеседование и сдача всех индивидуальных заданий.

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. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

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

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.