

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

Авторы-составители: **Терпугов Виктор Николаевич**

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ
Код УМК 94507

Утверждено
Протокол №6
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Методы вычислений

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.03** Механика и математическое моделирование
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Методы вычислений** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.03 Механика и математическое моделирование (направленность : Программа широкого профиля)

ОПК.1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности

Индикаторы

ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.03.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	9
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (9)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (9 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Методы вычислений [для механиков]

Постановка задачи вычислительного моделирования прикладных задач.

Тема 1. Современное вычислительное моделирование и численные методы математики.

Обсуждение современных аспектов вычислительного моделирования и классических разделов численного анализа.

Тема 2. Теория погрешностей.

Изучение теории погрешностей.

Тема 3. Аппроксимация, интерполяция, численное интегрирование и дифференцирование.

Постановка задачи и методы решения задач аппроксимации, интерполяции и численного интегрирования.

Тема 4. Решение нелинейных уравнений и систем уравнений.

Обсуждаются основные методы решения нелинейных задач.

Тема 5. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Обсуждаются методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Тема 6. Численное решение проблемы собственных значений.

Обсуждается численное решение проблемы собственных значений.

Тема 7. Решение задачи Коши.

Обсуждаются методы решения задачи Коши.

Метод Эйлера и его модификации.

Обсуждаются метод Эйлера и его модификации решения задачи Коши.

Методы типа Рунге-Кутты.

Обсуждаются методы типа Рунге-Кутты решения задачи Коши.

Оценка погрешности одношаговых методов.

Обсуждаются методы решения задачи Коши и их оценки погрешности.

Тема 8. Методы оптимизации.

Обсуждаются численные методы оптимизации.

Тема 9. Метод конечных разностей (МКР).

Обсуждаются основные идеи метода конечных разностей (МКР)

МКР: общие идеи.

Обсуждаются общие идеи МКР.

МКР для ОДУ и метод прогонки решения СЛАУ в МКР.

Обсуждается МКР для ОДУ и метод прогонки решения СЛАУ в МКР.

Простейшие задачи уравнений математической физики и реализация МКР для них.

В рамках классификации уравнений математической физики рассматриваются простейшие задачи и их численное решение МКР.

МКР для уравнения колебаний струны.

Рассматривается МКР для уравнения колебаний струны.

МКР для уравнения теплопроводности.

Рассматривается МКР для уравнения теплопроводности.

МКР для решения уравнения Лапласа.

Рассматривается МКР для решения уравнения Лапласа.

Задача исследования разностных схем: аппроксимация, устойчивость, сходимость.

Обсуждается задача исследования разностных схем: аппроксимация, устойчивость, сходимость.

Тема 10. Вариационные методы (ПСМ). Основы МКЭ.

Обсуждается классическая и современная постановки вариационных/проекционно-меточных методов для решения прикладных задач. Формулируется в сравнении с МКР определение метода конечных элементов как современного численного метода построения расчетных схем и алгоритмов для прикладных задач.

Контрольное занятие (письменный экзамен)

Итоговое контрольное занятие (письменный экзамен).

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Численные методы дифференциальных уравнений: студ. практикум / ред. Н. С. Бахвалов. - М.: Изд-во МГУ, 1989. - 88.
2. Численные методы : учебник и практикум для академического бакалавриата / У. Г. Пирумов [и др.] ; под редакцией У. Г. Пирумова. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 421 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03141-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/431961>

Дополнительная:

1. Численные методы и их применение / ред.: А. Д. Ляшко, Е. В. Ермолин. - Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1983. - 160.
2. Терпугов В. Н., Вертгейм И. И. Современные численные методы механики деформируемого твердого тела. Основы технологии метода конечных элементов: учебно-методическое пособие / В. Н. Терпугов, И. И. Вертгейм. - Пермь, 2012, ISBN 978-5-7944-1909-2, 2-е изд.. - 1. <https://elis.psu.ru/node/189715>
3. Численные методы линейной алгебры: [Сб. ст.] / МГУ им. М. В. Ломоносова, Фак. вычисл. математики и кибернетики. - М.: Изд-во МГУ, 1982. - 112. - Библиогр. в конце ст.
4. Численные методы в механике жидкостей / ред. О. М. Белоцерковский ; пер.: П. П. Корявов, П. И. Чушкин. - Москва: Мир, 1973. - 304.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ
<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Методы вычислений** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) и.или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Методы вычислений**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.1

Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач</p>	<p>Обучение применения знаний основных разделов математики для построения оценок погрешностей полученных численных решений различных прикладных задач. Обучение применения знаний основных разделов математики для построения расчетных схем и алгоритмов для построения аппроксимационных и интерполяционных формул, а также для численного интегрирования и дифференцирования. Обучение применения знаний основных разделов математики для построения расчетных схем и алгоритмов для вычислительного моделирования на ЭВМ различных нелинейных прикладных задач. Обучение применения знаний основных разделов математики для построения расчетных схем и алгоритмов для решения систем линейных алгебраических уравнений. Обучение применения знаний основных разделов математики для построения расчетных схем и алгоритмов для решения задач на собственные значения. Обучение применения знаний основных разделов математики</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает основные виды погрешностей численного решения и не умеет его оценивать.</p> <p align="center">Удовлетворительн Знает основные виды погрешностей численного решения, но умеет его оценивать с грубыми ошибками.</p> <p align="center">Хорошо Знает основные виды погрешностей численного решения, но умеет его оценивать с ошибками.</p> <p align="center">Отлично Знает основные виды погрешностей численного решения, но умеет его оценивать с, возможно, с незначительными ошибками.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	для построения расчетных схем и алгоритмов для решения задачи Коши, в частности методы типа Рунге-Кутта. Обучение применения знаний основных разделов математики для построения расчетных схем и алгоритмов для решения широкого класса задач методом конечных разностей.	

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 49 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 49 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	Тема 2. Теория погрешностей. Письменное контрольное мероприятие	Знания и умения оценивать погрешность полученных численных решений различных прикладных задач.
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	Тема 3. Аппроксимация, интерполяция, численное интегрирование и дифференцирование. Письменное контрольное мероприятие	Проверяется знание расчетных схем и алгоритмов для построения аппроксимационных и интерполяционных формул, а также для численного интегрирования и дифференцирования, а также умение ими пользоваться в пакетах.
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	Тема 4. Решение нелинейных уравнений и систем уравнений. Письменное контрольное мероприятие	Проверка знаний и умений построения расчетных схем и алгоритмов для вычислительного моделирования на ЭВМ различных нелинейных прикладных задач.
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	Тема 5. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Письменное контрольное мероприятие	Проверка знаний и умений пользоваться расчетными схемами и алгоритмами для решения систем линейных алгебраических уравнений.
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	Тема 6. Численное решение проблемы собственных значений. Письменное контрольное мероприятие	Проверка знаний и умений численно решать проблему собственных значений собственных значений.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	Методы типа Рунге-Кутта. Письменное контрольное мероприятие	Проверка знаний и умений построения расчетных схем и алгоритмов для решения задачи Коши, в частности методы типа Рунге-Кутта.
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	МКР для уравнения колебаний струны. Письменное контрольное мероприятие	Проверка знаний и умений строить и использовать метод конечных разностей для гиперболических уравнений.
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	МКР для уравнения теплопроводности. Письменное контрольное мероприятие	Проверка знаний и умений строить и использовать метод конечных разностей для параболических уравнений.
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	МКР для решения уравнения Лапласа. Письменное контрольное мероприятие	Проверка знаний и умений строить и использовать метод конечных разностей для уравнений эллиптического типа.
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	Контрольное занятие (письменный экзамен) Итоговое контрольное мероприятие	Проверка знаний и умений вычислительного моделирования различных классов прикладных задач с помощью стандартного программного обеспечения или с помощью своих собственных программ.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Тема 2. Теория погрешностей.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **5**

Проходной балл: **2.5**

Показатели оценивания	Баллы
Умение оценивать погрешности	3
Понимание проблемы оценки погрешностей	1
Знание основных правил оценки погрешностей	1

Тема 3. Аппроксимация, интерполяция, численное интегрирование и дифференцирование.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Проверяется знание схем и алгоритмов для построения аппроксимационных и	

интерполяционных формул.	4
Проверяется знание схем и алгоритмов для построения формул численного дифференцирования.	3
Проверяется знание схем и алгоритмов для построения квадратурных формул.	3

Тема 4. Решение нелинейных уравнений и систем уравнений.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Умение пользоваться основными расчетными схемами и алгоритмами для вычислительного моделирования на ЭВМ различных нелинейных прикладных задач.	4
Понимание расчетных схем и алгоритмов для вычислительного моделирования на ЭВМ различных нелинейных прикладных задач.	3
Знание основных расчетных схем и алгоритмов для вычислительного моделирования на ЭВМ различных нелинейных прикладных задач.	3

Тема 5. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Проверка знаний основных расчетных схем и алгоритмов для решения систем линейных алгебраических уравнений.	4
Проверка умений пользоваться расчетными схемами и алгоритмами для решения систем линейных алгебраических уравнений.	3
Проверка знаний основных требований к алгоритмам решения систем линейных алгебраических уравнений.	3

Тема 6. Численное решение проблемы собственных значений.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Проверка знаний основных формул численного решения задач на собственные значения.	4
Проверка умения численного решения задач на собственные значения.	3
Проверка понимания проблемы определения собственных значений.	3

Методы типа Рунге-Кутта.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**
 Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Проверка знаний некоторых типов расчетных схем и алгоритмов для решения задачи Коши, в частности методов типа Рунге-Кутта.	4
Проверка умений пользоваться некоторыми типами расчетных схем и алгоритмов для решения задачи Коши, в частности методов типа Рунге-Кутта.	3
Проверка понимания постановки задачи Коши и основных схем ее решения.	3

МКР для уравнения колебаний струны.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**
 Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Проверка знаний строить и использовать метод конечных разностей для гиперболических уравнений.	4
Проверка умений строить и использовать метод конечных разностей для гиперболических уравнений.	3
Проверка понимания основных идей метода конечных разностей.	3

МКР для уравнения теплопроводности.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**
 Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Проверка знаний строить и использовать метод конечных разностей для параболических уравнений.	4
Проверка умений строить и использовать метод конечных разностей для параболических уравнений.	3
Проверка понимания основных идей метода конечных разностей.	3

МКР для решения уравнения Лапласа.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **5**
 Проходной балл: **2.5**

Показатели оценивания	Баллы
Проверка знаний и умений строить и использовать метод конечных разностей для уравнений эллиптического типа.	4

Проверка знаний и умений строить и использовать метод конечных разностей для уравнений эллиптического типа.	3
Проверка понимания основных идей метода конечных разностей.	3

Контрольное занятие (письменный экзамен)

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Проверка знаний вычислительного моделирования различных классов прикладных задач с помощью стандартного программного обеспечения или с помощью своих собственных программ.	10
Проверка умений вычислительного моделирования различных классов прикладных задач с помощью стандартного программного обеспечения или с помощью своих собственных программ.	5
Проверка понимания вычислительного моделирования прикладных задач.	5