МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

|  |
| --- |
| Институт информационных технологий, математики и механики |

(факультет / институт / филиал)

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Директор |  | Гергель В.П. |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| « |  | » |  |  | 2017 г. |

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

|  |
| --- |
| Численные методы |

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| бакалавриат |

Направление подготовки / специальность

|  |
| --- |
| 01.03.03 Механика и математическое моделирование |

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг |

Квалификация (степень)

|  |
| --- |
|  бакалавр |

Форма обучения

|  |
| --- |
|  очная |

Нижний Новгород

2017 год

1. **Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП**

Дисциплина относится к базовой части Б1.Б.21 ОПОП. Период обучения – 5, 6 семестр

**Целями освоения дисциплины являются**:

Цель курса  изучение численных и приближенных методов решения основных задач, возникающих в математическом анализе, алгебре, дифференциальных уравнениях, математической физике, механике твердого тела, механике сплошных сред и т.д.

Содержание дисциплины направлено на овладения студентами основными численными методами решения типичных задач анализа линейной и нелинейной алгебры, дифференциальных уравнений, математической физики и других типичных задач. В процессе изучения курса студенты должны приобрести навыки реализации изучаемых методов на ЭВМ.

посвящён изучению основных идей и принципов современных новых информационных технологий. Основной задачей курса является углубление подготовки студентов в области теории информации, проблемы искусственного интеллекта, проблемы защиты и кодирования информации, теория измерений, теория нечётких множеств.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции**(код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции) | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций** |
| **ОПК-2** готовность использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, численных методов, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов в будущей профессиональной **базовый этап** | З 1. Углубленные знания в области численных методовУ 1. Умение применять углубленные знания в области численных методов в механике .В 1. Опыт применения углубленных знаний в области численных методов в механике.  |
| **ПК-6** способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач **базовый этап** | З.2 Знание методов численных методов для проведения научных исследований по механикеУ.2. Умение с помощью численных методов проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива. В.3. Опыт проведения научных исследований и получения новых научных и прикладных результатов самостоятельно и в составе научного коллектива. |
| **ПК-8** способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженной в терминах предметной области изучавшегося явления. **базовый этап** | З.3 Знания численных методов, и применения их в механике У.3. Умение разрабатывать и применять численные методы для решения задач механики В.3. Опыт применения численных методов для решения задач механики.  |

1. **Структура и содержание дисциплины (модуля) «**Численные методы»

Объем дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных единиц, всего 252 часа, из которых 163 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (64 часа занятия лекционного типа, 96 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 3 часа мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации), 89 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (в т.ч. 36 часов подготовки к экзамену).

Содержание дисциплины (модуля)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),** **форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего****(часы)** | В том числе |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы** из них | **Самостоятельная работа обучающегося, часы** |
|  **Занятия лекционного типа** |  **Занятия семинарского типа** |  **Занятия лабораторного типа** |  | **Всего**  |
| Очная | Очная | Очная | Очная |  | Очная | Очная |
| Тема 1. Теория погрешностей. Основы теории погрешностей, классификация погрешностей, источники погрешностей. Абсолютная и относительные погрешности. Прямая и обратная задачи теории погрешностей. Оценка погрешности методами интервальной математики. | 13 | 4 | 4 |  |  | 8 | 5 |
| Тема 2. Интерполирование функции. Общая задача интерполирования, чебышевская система функций. Интерполяционный полином Лагранжа, методическая погрешность. Полином Чебышева. Интерполяционный полином Ньютона. Задача кратного интерполирования, полином Эрмита. Интерполирование функций многих переменных, особенности задачи. Понятие сплайна, интерполирование сплайнами. | 13 | 4 | 4 |  |  | 8 | 5 |
| Тема3. Аппроксимация функции. Аппроксимация функций в метрических пространствах. Наилучшие приближения в линейных нормированных пространствах, существование элемента наилучшего приближения. Наилучшие приближения непрерывных функций. Метод наименьших квадратов. Полиномы Бернштейна. Приближение функций в гильбертовых пространствах. Приближение алгебраическими многочленами, тригонометрическими многочленами, рациональными многочленами. | 13 | 4 | 4 |  |  | 8 | 5 |
| Тема 4. Численное дифференцирование. Численное дифференцирование, анализ полной погрешности формул численного дифференцирования. Некорректность операции численного дифференцирования. Понятие аппроксимации оператора дифференцирования..  | 13 | 4 | 4 |  |  | 8 | 5 |
| Тема 5.Численное интегрирование .Вычисление определенного интеграла. Вывод формул (с оценкой методической погрешности): прямоугольников, трапеций, Симпсона. Составные квадратурные формулы: трапеций, Симпсона. Оценка погрешности. Квадратурные формулы. Основные понятия: коэффициенты, узлы, методическая погрешность квадратурной формулы. Весовая функция. Алгебраическая степень точности. Интерполяционная квадратурная формула. Теорема об алгебраической степени точности интерполяционной квадратурной формулы. Формулы Ньютона–Котеса. Практические способы оценки погрешности составных квадратурных формул. Квадратурные формулы Гаусса. Теоремы об алгебраической степени точности, узлах квадратурной формулы, о коэффициентах квадратурной формулы, наивысшем порядке точности и методической погрешности. Алгоритм построения квадратурных формул Гаусса. Вычисление несобственных интегралов.. | 13 | 4 | 4 |  |  | 8 | 5 |
| Тема 6. Решение систем линейных алгебраических уравнений.Методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ): методы Гаусса и Жордана, LU-метод, квадратного корня, метод простой итерации, метод Зейделя, метод верхних релаксаций. Применение к задаче построения обратной матрицы. Приведение произвольной СЛАУ к виду, пригодному для применения метода простой итерации. Метод прогонки решения систем с трехдиагональной матрицей. Число обусловленности СЛАУ, его свойства. Особенности реализации методов на компьютере. Вариационные методы решения СЛАУ | 13 | 4 | 4 |  |  | 8 | 5 |
| Тема 7. Проблема собственных значений матрицы.Наибольшее и наименьшее собственное значение матрицы. Собственные вектора. | 15 | 5 | 5 |  |  | 10 | 5 |
| Тема 8. Решение нелинейных уравнений и систем. Методы решения скалярных уравнений: метод итераций, метод Чебышева, метод Ньютона, метод хорд, метод обратной интерполяции.Метод Ньютона решения нелинейных систем уравнений. Итерационные методы | 14 | 3 | 3 |  |  | 6 | 8 |
| **В т.ч. промежуточный контроль** | 1 |  | 1 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 9. Теория разностных уравнений.Классификация уравнений. Решение уравнений первого, второго порядка. Фундаментальное решение. Устойчивость решения к малым возмущениям. | 19 | 6 | 6 | 6 |  | 18 | 1 |
| Тема 10. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).Численные методы решения задачи Коши. Основные понятия: методическая погрешность, полная погрешность, локальная погрешность. Одношаговые и многошаговые методы. Порядок аппроксимации, устойчивость сходимость. | 19 | 6 | 6 | 6 |  | 18 | 1 |
| Тема 11. Методы Рунге–Кутта. Порядок точности. Число этапов. Вывод расчетных схем второго и третьего порядков точности. Сходимость метода Рунге–Кутта. Практические способы оценки локальной погрешности метод Рунге. Методы Рунге–Кутта с автоматическим выбором шага вложенные методы. Многошаговые методы. Методы Адамса. Вывод расчетных формул: двух- и трехшаговых методов. Устойчивость разностных схем. Численное интегрирование жестких систем. Методы Гира | 17 | 5 | 5 | 5 |  | 15 | 2 |
| Тема 12. Численные методы решения краевых задач для. Постановка задачи. Интегро-интерполяционный метод построения краевой разностных задач. Устойчивость разностной задачи. Метод прогонки, метод стрельбы, метод скорейшего спуска. | 17 | 5 | 5 | 5 |  | 15 | 2 |
| Тема 13. Разностные методы решения граничных задач для дифференциальных уравнений в частных производных.Аппроксимация дифференциального оператора сеточными операторами. Построение РС методом неопределенных коэффициентов. Явные и неявные РС для уравнений первого порядка. РС с весами для уравнения теплопроводности, решение РС для уравнения теплопроводности. РС для уравнений гиперболического типа. РС задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка. Принцип максимума и следствия из него. Теоремы о монотонности, мажоранте, оценке решения сеточного уравнения через его правую часть. | 17 | 5 | 5 | 5 |  | 15 | 2 |
| Тема 14. Интегральные уравнения. Численные методы решения уравнений Фредгольма и уравнений Вольтера. Быстрое преобразование Фурье.  | 17 | 5 | 5 | 5 |  | 15 | 2 |
| В т.ч. текукщий контроль | 2 |  | 2 |  |  |  |  |
| **Промежуточная аттестация:зачёт (5 семестр),экзамен – (6 семестр) (**36 часов подготовки к экзамену**)** |

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий семинарского и практического типа, групповых или индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене

1. **Образовательные технологии**

Практикум

1. Погрешность приближенных вычислений.
2. Теория интерполирования. Интерполяционные полиномы Лагранжа, Ньютона, среднеквадратичное точечное и интегральное приближения.
3. Численное дифференцирование.
4. Численное интегрирование. Составные квадратурные формулы, формулы повышенной точности. Взятие несобственных интегралов.
5. Численные методы алгебры. Решение линейных систем. Обусловленность системы. Прямые и итерационные методы. Метод прогонки. Решение нелинейных уравнений. Решение систем нелинейных уравнений.
6. б. Задача о собственных значениях матрицы и собственных векторах.
7. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем уравнений

1) решение задачи Коши, методы Рунге-Кутта, методы Адамса.

2) краевая задача, построение разностной схемы, метод прогонки, метод стрельбы.

1. Разностные методы решения задач математической физики. Построение разностных схем для уравнений первого порядка, гиперболических, параболических и эллиптических. Исследование устойчивости разностных схем.

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Активные и интерактивные формы,проектно-ориентированный подход, лекции, практические занятия, тематическая контрольная работа, зачет. Из традиционных методов преподавания используются: рассказ по теме. Из активных и интерактивных методов преподавания используются различные методы обсуждения индивидуальных случаев, различных точек зрения на проблемы, дискуссии по спорным вопросам.

В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем. Выполняют самостоятельные лабораторные работы.

1. **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы

1. повторение пройденного на занятиях материала,
2. самостоятельное изучение отдельных вопросов программы,
3. подготовка к практическим занятиям,
4. подготовка к текущему контролю успеваемости,
5. выполнение контрольной работы в виде тематической контрольной работы,
6. подготовка к текущему контролю успеваемости (защита контрольной работы).
7. *Вопросы для текущего контроля*

1. Элементарная теория погрешностей. Различные виды представление числа в компьютере. Классификация погрешностей. Операции с погрешностями. Умение решать численные примеры.

1. Постановка общей задачи интерполирования. (Общая постановка задачи интерполяции, полиномы Ньютона, Эрмита, тригонометрические интерполяционные полиномы, приближение рациональными функциями.)
2. Интерполяционный полином Лагранжа.
3. Многочлены Чебышева. Экономизация рядов.
4. Интерполирования сплайнами.
5. Интерполирование параметрически заданных кривых.
6. Задача о наилучшем приближении функции в гильбертовом пространстве.
7. Метод наименьших квадратов. (доп. сглаживание сеточных функций.)
8. Численное дифференцирование. (методы получения разностных производных, некорректность операции численного дифференцирования.)
9. Элементарные формулы численного интегрирования. (прямоугольников, трапеций, Симпсона, частичные и составные формулы погрешности и т.д.)
10. Априорные и апостериорные оценки погрешностей численного интегрирования.
11. Квадратурные формулы интерполяционного типа. (Квадратурные формулы Ньютона-Котесса. Симметричные формулы.)
12. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической точности.
13. Прямые методы решения СЛАУ. (Метод Гаусса с выбором главного элемента, LU- метод, метод квадратного корня.)
14. Обусловленность СЛАУ.
15. Итерационные методы решения СЛАУ.
16. Теоремы о сходимости итерационных методов решений СЛАУ.
17. Итерационные методы вариационного типа решения СЛАУ.
18. Проблема собственных значений матрицы.
19. Метод простой итерации решения нелинейного уравнения. (теорема о сходимости.)
20. Метод Ньютона решения нелинейного уравнения.
21. Интерполяционные методы решения нелинейных уравнений. (метод хорд, метод обратного интерполирования).
22. Итерационные методы решения системы нелинейных уравнений.
23. Теория разностных уравнений 1-го порядка.
24. Теория разностных уравнений 2-го порядка.
25. Метод решения краевой разностной задачи. Метод прогонки.
26. Понятие аппроксимации разностной задачей ОДУ, устойчивости решения разностной задачи, сходимости решения разностной задачи к решению ОДУ. (как в частном, так и в общем случае.)
27. Методы Рунге-Кутта решения задачи Коши для ОДУ. (общая теория построение методов, примеры, реализация алгоритма с автоматическим выбором шага.)
28. Методы Рунге-Кутта решения задачи Коши для ОДУ. (сходимость и устойчивость методов Рунге-Кутта.)
29. Многошаговые разностные методы решения задачи Коши для ОДУ.(Классификация, построение, примеры.)
30. Многошаговые разностные методы решения задачи Коши для ОДУ. (Устойчивость и сходимость.)
31. Теория устойчивости разностных схем задачи Коши.
32. Аппроксимация краевой задачи для ОДУ. (Интегро-интерпол. метод постр.разностных схем.)
33. Аппроксимация краевой задачи для ОДУ.(метод неопределенных коэффициентов, методы решения задачи.)
34. Разностные схемы для уравнений переноса первого порядка. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, устойчивость.)
35. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, схемы предиктор-корректор, схемы с весами, устойчивость.)
36. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Канонический вид, принцип максимума, схемы с расщеплением.)
37. Разностные схемы для волнового уравнения. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, трехслойные схемы, схемы с весами, устойчивость.)
38. Метод разделения переменных для разностных схем. (Аналог задачи Штурма-Лиувиля.)
39. Разностная схема задачи Дирихле для уравнения Пуассона. (Аппроксимация, устойчивость, методы решения, канонический вид)
40. Принцип максимума для разностной схемы в каноническом виде.
41. Обобщенная теория разностных схем.
42. Численные методы решения интегральных уравнений Фредгольма и Вольтерра.

**Методические указания для обучающихся**

*Цель самостоятельной работы* - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и про­фессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа является наиболее деятельным и творческим процессом, который выполняет ряд дидактических функций: способствует формированию диалектического мышления, вырабатывает высокую культуру умственного труда, совершенствует способы организации познавательной деятельности, воспитывает ответственность, целеустремленность, систематичность и последовательность в работе студентов, развивает у них бережное отношение к своему времени, способность доводить до конца начатое дело.

**Изучение понятийного аппарата дисциплины**

Вся система индивидуальной самостоятельной работы должна бытьподчинена усвоению понятийного аппарата, поскольку одной из важнейших задач подготовки современного грамотного специалиста является овладение и грамотное применение профессиональной терминологии. Лучшему усвоению и пониманию дисциплины помогут различные энциклопедии, словари, справочники и другие материалы, указанные списке литературы.

**Изучение тем самостоятельной подготовки по учебно-тематическому плану**

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, выработке умений и навыков всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

**Работа над основной и дополнительной литературой**

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к нормативно-правовым актам, научным монографиям и материалам периодических изданий. Конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую для учебной и научной работы литературу. При этом следует обращаться к предметным каталогам и библиографическим справочникам, которые имеются в библиотеках.

Для аккумуляции информации по изучаемым темам рекомендуется формировать личный архив, а также каталог используемых источников. При этом если уже на первых курсах обучения студент определяет для себя наиболее интересные сферы для изучения, то подобная работа будет весьма продуктивной с точки зрения формирования библиографии для последующего написания дипломного проекта на выпускном курсе.

При презентации материала на занятии можно воспользоваться следующим алгоритмом изложения темы: определение и характеристика основных категорий, эволюция предмета исследования, оценка его современного состояния, существующие проблемы, перспективы развития. Весьма презентабельным вариантом выступления следует считать его подготовку в среде Power Point, что существенно повышает степень визуализации, а, следовательно, доступности, понятности материала и заинтересованности аудитории к результатам научной работы студента.

**Самостоятельная работа студента при подготовке к зачету**

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов и разработку мер по дальнейшему повышению качества подготовки современных менеджеров.

Итоговой формой контроля успеваемости студентов по данной учебной дисциплине является зачет.

**Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет**

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

1. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю**), **включающий:**
	1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Дисциплина направлена на развитие 3-х компетенций

* ОПК-2 готовностью использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, численных методов, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов в будущей профессиональной деятельности ( в части: использовать и применять численные методы в задачах механики).
* ПК-6 способностью использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач (в части: задач механики).
* ПК-8 способностью передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженной в терминах предметной области изучавшегося явления (в части: анализа результатов численного решения и выработке рекомендаций).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные понятиями, идеи и методы численных методов их применение для решения типовых задач механики; современные представления о формулировках и методах исследования характерных задач механики.

Уметь: использовать численные методы для нахождения эффективных решений прикладных задач механики.

Владеть: владеть численными методами для анализа сложных технических систем.

По дисциплине в процессе обучения предусмотрен текущий контроль успеваемости, который сопряжен с оценкой сформированности компетенций. Текущий контроль успеваемости проходит в форме индивидуальной защиты самостоятельной проектной (контрольной) работы.

При текущей и промежуточной аттестации успеваемости по дисциплине проводится оценка сформированности следующих компонентов компетенций: знания, умения, способности мотивации. Индикаторы (дескрипторы) сформированности компетенций, которые используются при контроле текущей успеваемости и промежуточной аттестации, размещены в таблице. Во время текущего контроля успеваемости проводится оценка знаний, умений, способностей и мотивации. Для оценки сформированности компетенций используются 4-балльная шкала.

ОПК-2 готовностью использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, численных методов, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов в будущей профессиональной деятельности ( в части: использовать и применять численные методы в задачах механики)

|  |  |
| --- | --- |
| **Планируемые результаты обучения**\*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы)** |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ЗНАТЬ: специализированные разделы методов вычислений, необходимых при решении типовых задач. | Отсутствие знаний или фрагментарное применение положений специализированных разделов методов вычислений, необходимых при решении типовых задач. | В целом успешное, но не систематическое применение положений специализированных разделов методов вычислений, необходимых при решении типовых задач. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение положений разделов методов вычислений, необходимых при решении типовых задач. | Успешное и систематическое применение положений специализированных разделов методов вычислений, необходимых при решении типовых задач. |
| УМЕТЬ: формулировать и решать прикладные задачи с помощью численных методов | Отсутствие умений или частично освоенное умение формулировать и решать прикладные задачи с помощью методов вычислений, необходимых при решении типовых задач. | В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение формулировать и решать разделов методов вычислений, необходимых при решении типовых задач. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать и решать разделов методов вычислений, необходимых при решении типовых задач.. | Сформированное умение формулировать и решать разделов методов вычислений, необходимых при решении типовых задач. |
| ВЛАДЕТЬ: численными методами необходимыми для их осознанного применения. | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки владения численными методами.  | Общие, но не структурированные навыки владения численными методами | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения понятиями численных методов. | Сформированные систематические навыки владения понятиями численных методов. |

ПК-6 способностью использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач (в части: задач механики)

|  |  |
| --- | --- |
| **Планируемые результаты обучения**\*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения**  |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ЗНАТЬ: разделов методов вычислений, необходимых при решении типовых задач. | Отсутствие знаний или фрагментарное применение положений специализированных разделов численных методов для решения прикладных задач. | В целом успешное, но не систематическое применение положений специализированных разделов численных методов для решения прикладных задач. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение положений специализированных разделов численных методов для решения прикладных задач. | Успешное и систематическое применение положений специализированных разделов численных методов для решения прикладных задач. |
| УМЕТЬ: создавать, применять и модернизировать известные численные методы | Отсутствие умений или частично освоенное умение создавать, применять и модернизировать известные численные методы | В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение создавать, применять и модернизировать известные численные методы | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение создавать, применять и модернизировать известные численные методы | Сформированное умение создавать, применять и модернизировать известные численные методы |
| ВЛАДЕТЬ: подходами, применяемыми при разработке численных методов, в том числе в междисциплинарных областях. | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки владения подходами, применяемыми при разработке численных методов | Общие, но не структурированные навыки владения подходами, применяемыми при разработке численных методов | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения специальными подходами, применяемыми при разработке численных методов | Сформированные систематические навыки владения специальными методами, применяемыми при разработке численных методов, в том числе в смежных областях. |

ПК-8 способностью передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженной в терминах предметной области изучавшегося явления (в части: анализа результатов численного решения и выработке рекомендаций)

|  |  |
| --- | --- |
| **Планируемые результаты обучения**\*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения**  |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ЗНАТЬ: специализированные разделы создавать, применять и модернизировать известные численные методы | Отсутствие знаний или фрагментарное применение разделов создавать, применять и модернизировать известные численные методы  | В целом успешно, но не систематически применять и модернизировать известные численные методы. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применять и модернизировать известные численные методы. | Успешно и систематически применять и модернизировать известные численные методы. |
| УМЕТЬ: при решении исследовательских задач использовать численные методы | Отсутствие умений или частично освоенное умение при решении исследовательских задач использовать численные методы | В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских задач использовать численные методы | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских задач использовать численные метод | Сформированное умение при решении исследовательских задач использовать численные методы |
| ВЛАДЕТЬ: численными математическими методами, применяемыми при решении типовых задач. | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки владения численными математическими методами, применяемыми при решении типовых задач... | Общие, но не структурированные навыки владения численными математическими методами, применяемыми при решении типовых задач.. | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения численными математическими методами, применяемыми при решении типовых задач. | Сформированные систематические навыки владения численными математическими методами, применяемыми при решении типовых задач. |

* 1. Описание шкал оценивания. **Используется традиционная форм аттестации** **зачет**

*ОПК-2:*

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторыкомпетенции | Критерии оценивания  |
|  | «незачет» | «зачет» |
| Знания*Знать* этапы создания мат моделей  | отсутствие знаний материала | знание основного материала без ошибок и погрешностей |
| Умения*Уметь* Классифицировать задачи  |  отсутствие умения  | Умение использовать нормы  |
| Навыки*Владеть* навыками Создания мат моделей | отсутствие навыков  |  владение навыками |

*ПК-6:*

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторыкомпетенции | Критерии оценивания  |
|  | «незачет» | «зачет» |
| Знания*Знать* принципы создания программ | отсутствие знаний  | знание |
| Умения*Уметь* создавать программы | Полное отсутствие умения  | Умение  |
| Навыки*Владеть* навыками Создания программ | отсутствие навыков  |  владение навыками |

ПК-8

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторыкомпетенции | Критерии оценивания  |
|  | «незачет» | зачет» |
| Знания*Знать* этапы создания программ  | отсутствие знаний материала | знание  |
| Умения*Уметь* Создавать программы  |  отсутствие умения  | Умение  |
| Навыки*Владеть* навыками Создания программ | отсутствие навыков  | владение навыками |

Контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

* уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
* уровень понимания студентами изученного материала
* способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме

|  |  |
| --- | --- |
| **Оценка** | **Уровень подготовки** |
| Зачет | хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами.50 %-ное выполнение практических заданий  |
| Незачет | Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.Выполнение практических заданий менее 50 %.  |

**Используется традиционная форм аттестации** **экзамен**.

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

* уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
* уровень понимания студентами изученного материала
* способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен включает устную и письменную часть. Письменная часть направлена на выявление степени освоения базовых понятий. Устная часть экзамена заключается в собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

**Экзамен**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Шкала оценок в соответствии со стандартом | Шкала оценок, рекомендованная к использованию в ННГУ | Описание оценки |
| Отлично | Превосходно | Отличная подготовка. Студент самостоятельно решает задачу, отвечает полностью на вопросы билета и дополнительные вопросы (задания), выходящие за рамки изученного объема курса и изученных алгоритмов и подходов, проявляя инициативу и творческое мышление |
| Отлично | Отличная подготовка. Студент отвечает полностью на вопросы билета, самостоятельно решает задачу в рамках изученных алгоритмов и подходов. При ответе на дополнительные вопросы (задания) допускаются незначительные неточности. |
| Хорошо | Очень хорошо | Хорошая подготовка. Студент показывает хороший уровень знания вопросов билета, самостоятельно решает задачу и отвечает на вопросы (задания) преподавателя с небольшими неточностями. |
| Хорошо | Хорошая подготовка. Студент показывает средний уровень знания вопросов билета, решает задачу с наводящими вопросами преподавателя и отвечает на некоторые дополнительные вопросы преподавателя (в рамках билета). |
| Удовлетворительно | Удовлетворительно | Удовлетворительная подготовка. Студент показывает удовлетворительное знание вопросов билета и знание базовых понятий, может решить типовую задачу с помощью преподавателя. |
| Неудовлетворительно | Неудовлетворительно | Студент показывает неудовлетворительное знание вопросов билета, основ курса и базовых понятий.  |
| Плохо | Студент показывает полное незнание вопросов билета, основ курса и базовых понятий. |

**Пример экзаменационного билета**

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет

им. Н.И. Лобачевского

Институт/факультет ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ

Кафедра Теоретической, компьютерной и экспериментальной механики

Дисциплина Численные методы

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Элементарная теория погрешностей. Различные виды представление числа в компьютере.

2. Разностная схема задачи Дирихле для уравнения Пуассона. (Аппроксимация, устойчивость, методы решения, канонический вид)

Зав. кафедрой

Экзаменатор

* 1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций (если дисциплина (модуль) завершает освоение какой-то компетенции, то критерии и процедуры оценивания формируются под итоговый контроль освоения данной компетенции).

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,

- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания;

* 1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**Задача в заданиях для экзамена**

Приложение 1

Примеры задач, используемые на экзамене.

Билет N 1

Для функции

построить интерполяционный полином Лагранжа и оценить погрешность на отрезке .

Билет N 2

Считая все значащие цифры верными (в узком смысле), вычислить и оценить погрешности по общей формуле теории погрешностей и методом границ

Билет N 3

Найти интерполяционный многочлен Лагранжа, который в точках

принимает соответствующие значения

Билет N 4

Считая все значащие цифры верными, вычислить и оценить погрешности по общей формуле теории погрешностей и методом интервалов

.

Посчитать среднее значение *f* . Записать ответы в естественной форме записи приближенного числа. Указать число верных значащих цифр.

Билет N 5

Вычислить по формуле прямоугольников для 2 и 4 отрезков разбиения. Оценить погрешность, уточнить решение по Рунге.

Билет N 6

Вычислить по формуле трапеций для 2 и 4 отрезков разбиения. Оценить погрешность, уточнить решение по Рунге.

Билет N 7

Вычислить по формуле Симпсона на 3 и 5 узлах. Оценить погрешность, уточнить решение по Рунге.

Билет N 8

Примените метод Якоби к системе уравнений , где



Используйте в качестве начального приближения вектор и выполните такое количество шагов, чтобы стало ясно, как сходится итерационный процесс.

Билет N 9

Примените метод Гаусса-Зейделя к системе уравнений , где



Используйте в качестве начального приближения вектор  и выполните такое количество шагов, чтобы стало ясно, как сходится итерационный процесс.

Билет N 10

С какой точностью можно вычислить значение при , если вычисления производить на основе интерполяционного многочлена Лагранжа первой и второй степени, построенных по таблице данных

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| x | 16 | 36 | 100 |
| y | 4 | 6 | 10 |

Билет N 11

Дана таблица значений функции на отрезке с шагом

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0.14944 | 0.15438 | 0.15932 | 0.16425 | 0.16918 | 0.17411 | 0.17903 |

Требуется на основе интерполяционной формулы Ньютона «вперед» уплотнить эту таблицу с шагом  на участке .

Билет N 12

Методом Якоби найти решение системы с точностью

Билет N 13

Решить явным методом Эйлера следующую задачу Коши.

.

Билет N 14

Найти приближенные решения задачи Коши

на отрезке  с шагом  неявным методом Эйлера.

Билет N 15

Построить многочлены Лагранжа и Ньютона третьей степени для сеточной функции, заданной таблично

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| x | 2 | 3 | 4 | 5 |
| f | 7 | 5 | 8 | 7 |

Вычислить значение функции в точке . Привести многочлен к традиционной форме записи по степеням *x*.

Билет N 16

Методом пристрелки с использованием алгоритма Эйлера с шагом и методом половинного деления решить краевую задачу с точностью

Билет N 17

Методом Эйлера-Коши с шагом h=0.1 численно проинтегрировать следующую задачу Коши до значения х=0.2 включительно.

Билет N 18

Организовать поиск действительного корня уравнения методом простых итераций.

Билет N 19

На сколько частей следует разбить промежуток интегрирования, чтобы с точностью до 0.1 вычислить по формуле прямоугольников.

Билет N 20

На сколько частей следует разбить промежуток интегрирования, чтобы с точностью до 0.1 вычислить по формуле трапеций.

Билет N 22

Найти интерполяционный закон Ньютона для функции , если

.

Билет N 23

Найти методом Рунге-Кутты 4-го порядка точности приближенные решения следующей задачи Коши

на отрезке [0; 0,1] при *h* = 0,1.

Билет N 24

Найти методом конечных разностей с шагом *h* = 0,5 решение краевой задачи для уравнения

при граничных условиях

Билет N 25

Найти решение системы методом прогонки

Билет N 26

Найти интерполяционный закон Ньютона для функции

по ее значениям в точках

и вычислить

Билет N 27

Найти интерполяционный многочлен Лагранжа, который в точках

принимает соответствующие значения

Билет N 28

С какой точностью можно вычислить c помощью интерполяционной формулы Лагранжа для функции , выбрав узлы интерполяции

Билет N 29

Используя метод Адамса, найти значение c точностью до 0,01 для дифференциального уравнения

**Задания для оценки сформированности умений компетенции ОПК-2**

1. Привести классификацию задач аппроксимации.
2. Построить классификацию методов решения СЛАУ.
3. Построить алгоритм для аппроксимации функции.
4. Построить алгоритм для решения нелинейного уравнения.
5. Привести классификацию методов интегрирования и построить алгоритм для взятия интегралов.
6. Привести классификацию и построить алгоритм для решения задачи Коши ОДУ.
7. Привести классификацию и алгоритмы решения задач математической физики.

**Задания для оценки сформированности навыков компетенции ПК-6**

Написание алгоритмов программ реализующих численные методы.

**Задания для оценки сформированности навыков компетенции ПК-8**

Создание и представление выполненных практических работ на компьютере.

* 1. **Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

а) основная литература:

1. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы, 1989г. (42 экз.)
2. Бахвалов Н.Р.,  Жидков Н. П., Кобельков Г. М Численные методы. М., 2003г. (50 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Ляхов А.Ф., Петрова О.С. Аппроксимация функции методом наименьших квадратов: Лабораторная работа. ННГУ, Н. Новгород. 2004. (Электронный вариант)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

 Сайт exponenta <http://matlab.exponenta.ru/wavelet>.

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Для обучения студентов названной дисциплине имеются в наличии: специальные кабинеты, оборудованные мультимедийными средствами обучения; компьютерные классы, где имеется возможность выхода в Интернет; присутствует полный комплект лицензионного обеспечения, необходимый для работы компьютерных программ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ОПОП ВО по направлению подготовки 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» (профиль "Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг").

Автор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., доцент Ляхов А.Ф.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой ТКЭМ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ д.ф.-м.н., проф. Игумнов Л.А

Программа одобрена на заседании методической комиссии ИНСТИТУТА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ

от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_.