

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Численные методы

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.01 - Математика

Направленность образовательной программы

Математика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.29 Численные методы относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-4: Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать передовой отечественный и международный опыт в математической и информационной области исследований	<p>ПК-4.1: Знает методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в математической и информационной области исследований</p> <p>ПК-4.2: Умеет применять новые достижения в области научно-технической информации</p> <p>ПК-4.3: Владеет навыками решения задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач</p>	<p>ПК-4.1: Знать методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в математической и информационной области исследований</p> <p>ПК-4.2: Уметь применять новые достижения в области научно-технической информации</p> <p>ПК-4.3: Владеть навыками решения задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач</p>	<p>Контрольная работа</p> <p>Практическое задание</p> <p>Собеседование</p>	<p>Зачёт: Контрольные вопросы</p> <p>Экзамен: Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	7
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	3
самостоятельная работа	85
Промежуточная аттестация	36 Экзамен, Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Введение в предмет Тема 1. Метод прогонки. Вычислительная устойчивость методов	9	2	2	4	5
Тема 2. Основы теории интерполяции Сплайн-интерполяция Интерполяция полиномами	11	2	4	6	5
Тема 3. Численное дифференцирование	13	4	4	8	5
Тема 4. Методы решения краевых задач: интегрально-интерполяционный метод	13	4	4	8	5
Тема 5. Теория разностных схем. Пример анализа сходимости	13	4	4	8	5
Тема 6. Консервативные разностные схемы	13	4	4	8	5
Тема 7. Задача Дирихле для уравнения Пуассона. Выбор и реализация численного решения Постановка задачи, выбор схемы Введение в итерационные методы линейной алгебры Решение модельной задачи	15	4	6	10	5
Тема 8. Задача Дирихле для уравнения Пуассона. Принцип максимума. Анализ сходимости схемы и общей погрешности	14	4	6	10	4
Тема 9. Численное решение нестационарного уравнения теплопроводности	10	2	4	6	4
Тема 10. Решение СЛАУ большой размерности: инструменты анализа сходимости	13	4	4	8	5
Тема 11. Решение СЛАУ большой размерности: метод простой итерации, метод минимальных невязок	13	4	4	8	5
Тема 12. Обоснование применения методов (примеры)	8	2	4	6	2
Тема 13. Оптимизация сходимости: метод с чебышевским k-набором параметров	11	4	2	6	5
Тема 14. Оптимизация сходимости: метод сопряженных градиентов	11	4	2	6	5
Тема 15. Анализ сходимости разностных схем, метод разделения переменных	8	2	2	4	4
Тема 16. Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений и систем	10	4	2	6	4
Тема 17. Методы обработки данных и приближения функций Метод наименьших квадратов Приближения в гильбертовых пространствах	8	2	2	4	4

Наилучшие равномерные приближения, экономизация степенных рядов					
Тема 18. Вариационно-проекционные методы решения краевых задач	10	4	2	6	4
Тема 19. Численное интегрирование	10	4	2	6	4
Аттестация	36				
КСР	3			3	
Итого	252	64	64	131	85

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение в предмет

Тема 1. Метод прогонки. Вычислительная устойчивость методов

Тема 2. Основы теории интерполяции. Сплайн-интерполяция. Интерполяция полиномами

Тема 3. Численное дифференцирование

Тема 4. Методы решения краевых задач: интегрально-интерполяционный метод

Тема 5. Теория разностных схем. Пример анализа сходимости

Тема 6. Консервативные разностные схемы

Тема 7. Задача Дирихле для уравнения Пуассона. Выбор и реализация численного решения Постановка задачи, выбор схемы Введение в итерационные методы линейной алгебры Решение модельной задачи

Тема 8. Задача Дирихле для уравнения Пуассона. Принцип максимума. Анализ сходимости схемы и общей погрешности

Тема 9. Численное решение нестационарного уравнения теплопроводности

Тема 10. Решение СЛАУ большой размерности: инструменты анализа сходимости

Тема 11. Решение СЛАУ большой размерности: метод простой итерации, метод минимальных невязок

Тема 12. Обоснование применения методов (примеры)

Тема 13. Оптимизация сходимости: метод с чебышевским k-набором параметров

Тема 14. Оптимизация сходимости: метод сопряженных градиентов

Тема 15. Анализ сходимости разностных схем, метод разделения переменных

Тема 16. Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений и систем

Тема 17. Методы обработки данных и приближения функций Метод наименьших квадратов

Приближения в гильбертовых пространствах Наилучшие равномерные приближения, экономизация степенных рядов

Тема 18. Вариационно-проекционные методы решения краевых задач

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Численные методы» включает:

Выполнение домашних практических заданий (Практикум)

Выполнение лабораторных работ (Лабораторный практикум)

Выполнение исследовательских проектов (задания проектов представлены в разделах Практикума и Лабораторного практикума)

Аудиторные контрольные работы

Подготовку к собеседованию, зачету, экзамену

а также подготовку отчетов и презентаций для обсуждения результатов Практикума и

Лабораторного практикума.

Содержание и порядок выполнения заданий, а также варианты заданий приведены в [4], [5].

В составе Практикума

Семестр 5

Практикум 1. Сплайн-интерполяция. Метод прогонки

Практикум 2. Интерполяция полиномами

Практикум 3. Решение нестационарного уравнения теплопроводности

Практикум 4. Численное дифференцирование

Практикум 5. Построение и анализ консервативных разностных схем (включая проект)

Практикум 6. Численное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона

Практикум 7. Численное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона (продолжение).

Решение задач линейной алгебры

Практикум 8. Численное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Анализ сходимости и погрешности (включая проект)

Практикум 9. Решение задач линейной алгебры (применение методов)

В составе Лабораторного практикума

Семестр 5

Лабораторный практикум 1. Сплайн-интерполяция (построение интерполирующего кубического сплайна)

Лабораторный практикум 2. Численное дифференцирование функций

Лабораторный практикум 3. Решение краевых задач для ОДУ

Лабораторный практикум 4. Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона (метод верхней релаксации)

Лабораторный практикум 5. Оптимизация сходимости методов решения разностных схем

Лабораторный практикум 6. Решение проблемы собственных значений (с использованием математических пакетов)

Для самоконтроля у студента имеется возможность удаленного тестирования по дистанционному лекционному курсу [4], [5] (<https://e-learning.unn.ru/course/enrol/index.php?id=827>, требуется регистрация).

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Задача №1

В таблице приведены (приблизленно) значения функции $f(x) = \sin(x)$:

x	0.2	0.4	0.5
$f(x)$	1.02007	1.08107	1.12763

Постройте интерполяционный полином степени 2, используя узлы 0.2, 0.4, 0.5. Вычислите с его помощью $f(x)$ в точке $x = 0.35$.

Проведите полный анализ погрешности в указанной точке. В том числе:

- 1) Запишите определение и получите формулу погрешности интерполяции.
- 2) Оцените погрешность интерполяции.
- 3) Запишите определение, необходимые предположения и оцените вычислительную погрешность.
- 4) Запишите определение и оцените общую погрешность.
- 5) Запишите искомое значение $f(x)$ с учетом оценок общей погрешности.

Примечание. Ошибкой задания табличной функции считаем половину единицы последнего разряда.

Задача №2

Используя табличные данные

x	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
$f(x)$	1.00500	1.02007	1.04534	1.08107	1.12763	1.18547	1.33743

и оператор

$$(2*f_3 - 9*f_2 + 18*f_1 - 11*f_0)/(6*h)$$

вычислите приближенное значение производной порядка 1 в точке $x = 0.3$:

Проведите полный анализ погрешности. В том числе:

- 1) Запишите определение и получите формулу погрешности численного дифференцирования. Выделите главный член погрешности и определите ее порядок.
- 2) Запишите определение, необходимые предположения и оцените вычислительную погрешность.
- 3) Запишите определение и оцените общую погрешность.

Примечание. Ошибкой задания табличной функции считаем половину единицы последнего разряда.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	
не зачтено	

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Практикум 1. Сплайн-интерполяция. Метод прогонки

Практикум 2. Интерполяция полиномами

Практикум 3. Решение нестационарного уравнения теплопроводности

Лабораторный практикум 1. Сплайн-интерполяция (построение интерполирующего кубического сплайна)

Лабораторный практикум 2. Численное дифференцирование функций

Лабораторный практикум 3. Решение краевых задач для ОДУ

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	
не зачтено	

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Метод прогонки. Вычислительная устойчивость методов

2. Сплайн-интерполяция

3. Интерполяция полиномами

3. Численное дифференцирование

5. Методы решения краевых задач: интегрально-интерполяционный метод

6. Теория разностных схем. Анализ сходимости.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	
не зачтено	

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Метод прогонки. Вычислительная устойчивость методов

Запись СЛАУ с трехдиагональной матрицей

Вывод формул метода прогонки

Теоремы о применимости метода

Вычислительная устойчивость

Оценка трудоемкости

Примеры применения (задачи):

сплайн-интерполяция

краевые задачи для ОДУ

нестационарное уравнение теплопроводности

Циклическая прогонка*. Матричная прогонка*

2. Основы теории интерполяции

Сплайн-интерполяция

Кубический сплайн, его свойства, канонический вид

Задача сплайн-интерполяции, выбор граничных условий

Теорема о существовании, единственности и способе построения интерполяционного кубического сплайна

Сходимость сплайн-интерполяции

Смысл кубических сплайнов, смысл ЕГУ

Интерполяция полиномами

Интерполяционный полином, теорема о существовании, единственности и представлении в форме Лагранжа

Погрешность интерполяции (экстраполяции), вычислительная и общая погрешность, анализ общей погрешности (задача)

Теорема о погрешности интерполяции (экстраполяции)

Теоремы о сходимости (отсутствии сходимости)*

Таблицы разностей. Запись интерполяционного полинома в форме Ньютона и другие записи. Способы вычисления полинома*

Интерполяционный полином Эрмита*

Интерполяция тригонометрическими полиномами*

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Метод прогонки. Вычислительная устойчивость методов

Запись СЛАУ с трехдиагональной матрицей

Вывод формул метода прогонки

Теоремы о применимости метода

Вычислительная устойчивость

Оценка трудоемкости

Примеры применения (задачи):

сплайн-интерполяция

краевые задачи для ОДУ

нестационарное уравнение теплопроводности

Циклическая прогонка*. Матричная прогонка*

2. Основы теории интерполяции

Сплайн-интерполяция

Кубический сплайн, его свойства, канонический вид

Задача сплайн-интерполяции, выбор граничных условий

Теорема о существовании, единственности и способе построения интерполяционного кубического сплайна

Сходимость сплайн-интерполяции

Смысл кубических сплайнов, смысл ЕГУ

Интерполяция полиномами

Интерполяционный полином, теорема о существовании, единственности и представлении в форме Лагранжа

Погрешность интерполяции (экстраполяции), вычислительная и общая погрешность, анализ общей погрешности (задача)

Теорема о погрешности интерполяции (экстраполяции)

Теоремы о сходимости (отсутствии сходимости)*

Таблицы разностей. Запись интерполяционного полинома в форме Ньютона и другие записи.
Способы вычисления полинома*

Интерполяционный полином Эрмита*

Интерполяция тригонометрическими полиномами*

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

Задача №1

Обосновать возможность применения прогонки и решить прогонкой:

$$\begin{bmatrix} 4 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Обосновать вычислительную целесообразность метода.

Задача №2

Провести полный анализ погрешности составной формулы средних прямоугольников. Записать и обосновать два способа оценки и погрешности интегрирования. Оценить число разбиений для отыскания

$$\int_0^1 \frac{\cos x}{1+x^2} dx$$

с погрешностью гарантированно не более 10^{-4} Какие требования должны быть для этого предъявлены к точности задания функции и выполнения операций?

Задача №3

Построить методом моментов квадратуру Гаусса на 2-х узлах. Провести полный анализ погрешности.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Бахвалов Н. С. Численные методы : учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2003. - 632 с. : ил. - (Технический университет). - ISBN 5-94774-060-5 : 165.00., 45 экз.
2. Демидович Борис Павлович. Основы вычислительной математики : [для втузов]. - Изд. 4-е, испр. - М. : Наука, 1970. - 664 с. : черт. - 0.77., 24 экз.
3. Березин Иван Семенович. Методы вычислений : [учеб. пособие для вузов]. Т. 2. - М. : Физматгиз, 1959. - 620 с. : черт. - 1.41., 40 экз.

4. Марчук Гурий Иванович. Методы вычислительной математики : учеб. пособие. - 3-е изд. ; перераб. и доп. - М. : Наука, 1989. - 608 с. - 21.00., 3 экз.
5. Самарский Александр Андреевич. Численные методы : [учеб. пособие для вузов по специальности "Прикладная математика"]. - М. : Наука, 1989. - 429, [1] с. : ил. - ISBN 5-02-013996-3 (в пер.) : 1.20., 44 экз.

Дополнительная литература:

1. Крылов Владимир Иванович. Вычислительные методы : [учеб. пособие для вузов]. Т. 1. - М. : Наука, 1976. - 303 с. : ил. - 0.71., 15 экз.
2. Марчук Гурий Иванович. Методы вычислительной математики : [учеб. пособие для вузов по специальности "Приклад. математика"]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1980. - 535 с. - 1.40., 50 экз.
3. Фаддеев Дмитрий Константинович. Вычислительные методы линейной алгебры. - М. : Физматгиз, 1960. - 656 с. : черт. - 22.05., 20 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Литература для студента режим доступа <http://www.libsib.ru/etika/etika-delovogo-obscheniya/vse-stranitsi>
2. Научная электронная библиотека режим доступа <http://elibrary.ru/>
3. EqWorld. Мир математических уравнений / Разработчик – А. Д. Полянин. – М.: ИПМ РАН, 2004-2014. Электронный ресурс, содержащий электронные версии книг в свободном доступе <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>
4. <https://e-learning.unn.ru/course/enrol/index.php?id=827>
5. Стронгина Н.Р., Баркалов К.А. Численные методы. Семестр 5. ЭУК, учебно-методический комплекс. Фонд электронных образовательных ресурсов ННГУ. Н. Новгород, 2014. Ид.н. 815E.14.08. URL: <https://e-learning.unn.ru/course/index.php?categoryid=24>. Вход требует авторизации.
6. Стронгина Н.Р., Баркалов К.А. Численные методы. Семестр 6. ЭУК, учебно-методический комплекс. Фонд электронных образовательных ресурсов ННГУ. Н. Новгород, 2014. Ид.н. 831E.14.08. URL: <https://e-learning.unn.ru/course/index.php?categoryid=24>. Вход требует авторизации.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: компьютер, проектор, экран

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.01 - Математика.

Автор(ы): Стронгина Наталья Романовна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.