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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«___» _____ 20__ г. № ___

Рабочая программа дисциплины

Приложения численных методов

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
01.03.03 Механика и математическое моделирование

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2021 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Приложения численных методов» относится к факультативам.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
3	ФТД. Факультативы	Дисциплина ФТД.02, «Приложения численных методов» является факультативом в ООП направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование.

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****	
ПК-3 Умеет разрабатывать, исследовать, применять математические модели для расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку результатов, оформление отчётной документации	*ПК-3.1.* **Знает** как разрабатывать, исследовать, применять математические модели для расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку результатов, оформление отчётной документации	**Знает** как применять и , исследовать, математические численные модели для расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку результатов.	*Собеседование*
	ПК-3.2. **Умеет** разрабатывать, исследовать, применять математические модели для расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку результатов,	**Умеет** применять и , исследовать, математические численные модели для расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку результатов.	*Контрольная работа*

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****	
	оформление отчётной документации		
	ПК-3.3. **Владеет навыками** разрабатывать, исследовать, применять математические модели для расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку результатов, оформление отчётной документации	**Владеет навыками** применять и , исследовать, математические численные модели для расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку результатов.	*Контрольная работа*

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	**2 з.е.**
Часов по учебному плану	**72**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): **- занятия лекционного типа** **- занятия семинарского типа** **- занятия лабораторного типа** **- текущий контроль (КСР)**	**32** **1**
самостоятельная работа	**39**
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	**Наименование разделов и тем дисциплины**	**Всего (часы)**	в том числе				
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				**СР[1], часы**
			ЗЛеТ[2]	**ЗСеТ[3]**	**ЗЛаТ[4]**	**Всего**	
1.	Аппроксимация функции. Аппроксимация функций в метрических пространствах	14	6			6	8
2.	Разностные методы решения задач для	18	8			8	10

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				СР[1], часы
			ЗЛеТ[2]	ЗСеТ[3]	ЗЛаТ[4]	Всего	
	дифференциальных уравнений в частных производных						
3.	Явные и неявные разностные схемы (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	24	10			10	14
4.	Интегральные уравнения. Численные методы решения уравнений Фредгольма и уравнений Вольтера. Быстрое преобразование Фурье.	15	8			8	7
	Текущий контроль (КСР)	1				1	
	ИТОГО	72	32			1	39

[1] Самостоятельная работа обучающегося.
[2] Занятия лекционного типа.
[3] Занятия семинарского типа.
[4] Занятия лабораторного типа.

Краткое содержание разделов и тем дисциплины

1. 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.
2. Разностные методы решения граничных задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Аппроксимация дифференциального оператора сеточными операторами. Построение разностных схем (РС) методом неопределенных коэффициентов. Явные и неявные РС для уравнений первого порядка.
3. 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.
4. Интегральные уравнения. Численные методы решения уравнений Фредгольма и уравнений Вольтера. Быстрое преобразование Фурье.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),

- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *задач (практических заданий)*, *контрольных работ* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

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

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
	Знания	Умения	Навыки
		задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»
незачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

№	*Вопрос*	*Код формируемой компетенции*
1.	Разностные схемы для уравнений переноса первого порядка. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, устойчивость.)	*ПК-3*
2.	Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, схемы предиктор-корректор, схемы с весами, устойчивость.)	*ПК-3*
3.	Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Канонический вид, принцип максимума, схемы с расщеплением.)	*ПК-3*
4.	Разностные схемы для волнового уравнения. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, трехслойные схемы, схемы с весами, устойчивость.)	*ПК-3*
5.	Метод разделения переменных для разностных схем. (Аналог задачи Штурма-Лиувиля.)	*ПК-3*
6.	Разностная схема задачи Дирихле для уравнения Пуассона. (Аппроксимация, устойчивость, методы решения, канонический вид)	*ПК-3*

№	*Вопрос*	*Код формируемой компетенции*
7.	Принцип максимума для разностной схемы в каноническом виде.	*ПК-3*
8.	Численные методы решения интегральных уравнений Фредгольма и Вольтерра.	*ПК-3*
9.	Дискретное преобразование Фурье	*ПК-3*

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Аппроксимация функций

На отрезке [-5;5] заданы точки x_k (узлы интерполирования), в которых известны значения функции $f(x_k)=x_k*\cos(x_k)$.

x_k	-3.9109	-2.3	-0.9406	1.3366	2.2277
$f(x_k)$	2.80956	1.53243	-0.554299	0.310173	-1.36038

а.) Используя интерполяционную формулу Ньютона (Лагранжа и т.д.), по заданным узлам построить интерполяционный многочлен Ln(x) степени n. Вычислить значения полученного полинома в контрольных узлах. Получить практическую оценку погрешности интерполирования на заданном отрезке.

б.) Исследовать вопрос о сходимости интерполяционного процесса. Найти последовательности сеток, для которых процесс сходится или расходится.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

№	а) основная литература:	К-во[1]
1.	Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы: Учеб, пособие для вузов,—М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1989.— 432 с.	Э 42 экз
2.	Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики: Уч. Пособие.-6-е изд., испр. И доп. – М.:Изд-во МГУ,1999, -799 с.	Э, 50 экз.
3.	Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. ЧИСЛЕННЫЕ. МЕТОДЫ. 8-е издание (электронное). Москва. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015 -627с. (http://elibrary.bsu.az/kitablar/1012.pdf)	Э
4.	Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М. Смирнов Уравнения в частных производных математической физики. М.: Высшая школа, 1970. - 712 с.	Э 30

№	б) дополнительная литература:	К-во[1]
1.	1. Ляхов А.Ф., Петрова О.С. Аппроксимация функции методом наименьших квадратов: Лабораторная работа. ННГУ, Н. Новгород. 2004. (кафедра ТКЭМ)	Э 20 экз.

№	в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)	«Л» или «С»[2]
1.		

[1] Указывается количество экземпляров в библиотеке ННГУ. Если издание доступно в электронном виде (указана ссылка), указывается буква «Э».

[2] Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (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 ФГОС ВО 01.03.03 Механика и математическое моделирование.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики
от 24.02.2021 года, протокол № 5.

Автор(ы)	_____	к.ф.-м.н., доцент Ляхов А.Ф.
Рецензент(ы)	_____	
Заведующий кафедрой теоретической, компьютерной и экспериментальной механики	_____	д.ф.-м.н., профессор Игумнов Л.А.