

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Косенок Сергей Михайлович
Должность: ректор
Дата подписания: 11.06.2026 08:50:29
Уникальный программный ключ:
e3a68f3eaa1e62674b54f4998099d3d6bfdcf836

Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа-Югры
"Сургутский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР
_____ Е.В. Коновалова
11 июня 2026 г., протокол УМС №5

МОДУЛЬ ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

Численные методы и математическое моделирование в гидродинамике

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Экспериментальной физики**
Учебный план b030302-ЦифрТех-26-4.plx
03.03.02 Физика
Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике

Квалификация **бакалавр**
Форма обучения **очная**
Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108
в том числе: Виды контроля в семестрах:
аудиторные занятия 66,2 зачет 7 контрольная работа 7
самостоятельная работа 41,8

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	уп	рп		
Неделя	17 2/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	32	32
Практические	32	32	32	32
Контактная работа	2,2	2,2	2,2	2,2
Итого ауд.	66,2	66,2	66,2	66,2
Контактная работа	66,2	66,2	66,2	66,2
Сам. работа	41,8	41,8	41,8	41,8
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

к.ф.-м.н., доцент, Алексеев Максим Михайлович

Рабочая программа дисциплины

Численные методы и математическое моделирование в гидродинамике

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 891)

составлена на основании учебного плана:

03.03.02 Физика

Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике

утвержденного учебно-методическим советом вуза от 11.06.2026 протокол № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Прикладной математики

Зав. кафедрой к.ф.-м.н., доцент Ельников А.В.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Сформировать у студентов системные знания о численных методах решения задач гидродинамики: метод конечных разностей, метод конечных объёмов.
1.2	Развить практические навыки программной реализации этих методов на Python для моделирования течений жидкости и газа.
1.3	Научить корректно ставить начально-краевые задачи для уравнений в частных производных (диффузия, перенос, Навье–Стокса).
1.4	Познакомить с современными подходами к моделированию прикладных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.04
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Векторный и тензорный анализ
2.1.2	Вычислительная физика
2.1.3	Дифференциальные уравнения
2.1.4	Линейная алгебра и аналитическая геометрия
2.1.5	Математический анализ
2.1.6	Механика
2.1.7	Механика жидкости и газа
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Производственная практика
2.2.2	Производственная практика, преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**ОПК-2.3:** Способен обрабатывать и представлять полученные экспериментальные данные**ОПК-1.3:** Использует знания в области математических дисциплин для классификации и описания основных физических процессов в сфере своей профессиональной деятельности**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

3.1	Знать:
3.1.1	Классификацию уравнений в частных производных гидродинамики.
3.1.2	Основные понятия: аппроксимация, согласованность, устойчивость, сходимость.
3.1.3	Явные и неявные конечно-разностные схемы для уравнения диффузии.
3.1.4	Методы решения уравнений Лапласа/Пуассона.
3.1.5	Схемы для уравнения переноса.
3.1.6	Уравнение Бюргера и его численное решение.
3.1.7	Уравнения Навье–Стокса: проекционный метод коррекции давления, условие Куранта–Фридрихса–Леви.
3.2	Уметь:
3.2.1	Реализовывать на Python численные схемы для 1D и 2D задач диффузии, переноса, переноса-диффузии.
3.2.2	Визуализировать результаты (поля скорости, давления, профили).
3.2.3	Проводить анализ устойчивости простейших схем (на примере уравнения диффузии или переноса).
3.2.4	Решать стационарные задачи гидродинамики методом конечных разностей с итерационными решателями.
3.2.5	Реализовать проекционный метод для течения Пуазейля.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
	Раздел 1. Введение. Основы Python для CFD					
1.1	Основы Python для CFD. Типы данных, массивы NumPy, базовая визуализация Matplotlib. /Лек/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
1.2	Знакомство с Jupyter Notebook. Создание сеток, визуализация функций $\sin(x)$, $\cos(x)$. Решение простой задачи остывания тела (ODE) явным Эйлерам. /Пр/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.2Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
1.3	Введение. Основы Python для CFD /Ср/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 2. Введение в численные методы. Уравнения гидродинамики					
2.1	Введение в численные методы. Уравнения гидродинамики. Классификация УЧП. Корректность, НУ и ГУ. Обезразмеривание /Лек/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
2.2	Реализация явной схемы для 1D уравнения диффузии (теплопроводность). Устойчивость (выполнение условия $\nu\Delta t/\Delta x^2 \leq 0.5$). Построение анимации. /Пр/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.2Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
2.3	Введение в численные методы. Уравнения гидродинамики /Ср/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 3. Уравнение диффузии					
3.1	Уравнение диффузии. Явная, неявная схемы, схема Кранка–Николсон. /Лек/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
3.2	Сравнение явной, неявной и Кранк–Николсон схем для 1D диффузии. Исследование скорости сходимости. /Пр/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.2Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
3.3	Уравнение диффузии /Ср/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 4. Уравнения Лапласа и Пуассона					
4.1	Уравнения Лапласа и Пуассона. Дискретизация, пятиточечный шаблон. Методы Якоби, Гаусса–Зейделя. /Лек/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
4.2	Решение 2D уравнения Лапласа в прямоугольной области. Визуализация поля температуры/давления. /Пр/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.2Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
4.3	Уравнения Лапласа и Пуассона /Ср/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3	

	Раздел 5. Уравнение переноса					
5.1	Уравнение переноса (гиперболический тип). Схемы FTCS, upwind, Lax–Wendroff. Устойчивость /Лек/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
5.2	Моделирование переноса импульса. Сравнение схем upwind и Lax–Wendroff. /Пр/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.2Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
5.3	Уравнение переноса /Ср/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 6. Уравнение переноса-диффузии					
6.1	Уравнение переноса-диффузии. Стационарный и нестационарный случаи. Дискретизация конвективных и диффузионных членов. /Лек/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
6.2	Решение 1D стационарного переноса-диффузии с разными схемами (центральные, upwind). Анализ пограничного слоя. /Пр/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.2Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
6.3	/Ср/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 7. Уравнение Бюргерса					
7.1	Уравнение Бюргерса. Нелинейная конвекция. Образование разрывов (ударных фронтов). Схемы Лакса–Фридрихса, МакКормака. Солитоны. /Лек/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
7.2	Численное решение вязкого уравнения Бюргерса. Наблюдение формирования ударной волны. /Пр/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.2Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
7.3	Уравнение Бюргерса /Ср/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 8. Уравнения Навье–Стокса					
8.1	Уравнения Навье–Стокса. Проекционный метод (коррекция давления). Сетка со смещёнными переменными. Условие Куранта /Лек/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
8.2	Реализация 2D течения Пуазёйля (канал) или задачи о течении в полости(lid-driven cavity) методом конечных разностей. Анализ поля скорости и давления. /Пр/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.2Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
8.3	Уравнения Навье–Стокса /Ср/	7	4	ОПК-1.3 ОПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 9.					
9.1	/КонР/	7	2,2	ОПК-1.3 ОПК-2.3		
9.2	/Контр.раб./	7	9,8	ОПК-1.3 ОПК-2.3		

9.3	/Зачёт/	7	0	ОПК-1.3 ОПК-2.3		
5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА						
5.1. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации						
Представлены отдельным документом						
5.2. Оценочные материалы для диагностического тестирования						
Представлены отдельным документом						
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
6.1. Рекомендуемая литература						
6.1.1. Основная литература						
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во		
Л1.1	Лойцянский Л. Г.	Механика жидкости и газа: Учебник для студентов высших учебных заведений	М.: Дрофа, 2003	1		
Л1.2	Бубенчиков А. М., Старченко А. В.	Вычислительная гидродинамика: [Сборник задач]	Томск: Изд-во Том.ун-та, 1999	1		
Л1.3	Павловский В. А., Никущенко Д. В.	Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы: учебное пособие для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2024, электронный ресурс	1		
6.1.2. Дополнительная литература						
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во		
Л2.1	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П.	Гидродинамика: Учебное пособие	М.: Физматлит, 2001	8		
Л2.2	Рейзлин В. И.	Математическое моделирование: учебное пособие для магистратуры	Москва: Юрайт, 2017	6		
Л2.3	Губина Н. А.	Механика жидкости и газа: примеры расчетов: учебное пособие	Норильск: ЗГУ им. Н.М. Федоровского, 2021, электронный ресурс	1		
Л2.4	Андреев В. К.	Математические модели механики сплошных сред	Санкт-Петербург: Лань, 2022, электронный ресурс	1		
6.1.3. Методические разработки						
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во		
Л3.1	сост. Бен, Смирнов А.Э.	Математическое моделирование: практикум	Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2015, электронный ресурс	1		
Л3.2	Жидков А. В., Любимов А. К.	Вычислительная гидродинамика. математические модели жидкостей и газов: учебно-методическое пособие	Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2021, электронный ресурс	1		
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"						
Э1	Научная электронная библиотека http://elibrary.ru					
Э2	Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ России) http://www.gpntb.ru/					
Э3	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru http://www.mathnet.ru/					
6.3.1 Перечень программного обеспечения						
6.3.1.1	Пакет прикладных программ Microsoft Office					
6.3.1.2	Операционная система Windows					
6.3.2 Перечень информационных справочных систем						
6.3.2.1	http://www.garant.ru Информационно-правовой портал Гарант.ру					
6.3.2.2	http://www.consultant.ru/ Справочно-правовая система Консультант Плюс					

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена: комплект специализированной учебной мебели, маркерная (меловая) доска, комплект переносного мультимедийного оборудования - компьютер, проектор, проекционный экран, компьютеры с возможностью выхода в Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду. Обеспечен доступ к сети Интернет и в электронную информационную среду организации.
-----	--