

Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплине (экзамен)

Типовые вопросы к экзамену

1. Классификация уравнений гидромеханики в частных производных. Гиперболические, параболические и эллиптические типы: физическая природа, примеры течений, характер начальных и граничных условий.
2. Принцип построения явных конечно-разностных схем. Аппроксимация первых и вторых производных через ряды Тейлора, порядок точности схемы, понятие ошибки усечения.
3. Условие устойчивости Куранта — Фридрихса — Леви. Физический смысл числа Куранта, его связь с шагом по времени и пространственной сеткой, демонстрация «взрыва» решения при нарушении КФЛ.
4. Анализ устойчивости по фон Нейману. Методика подстановки гармоники в разностное уравнение, получение коэффициента усиления, условие устойчивости для простейших схем.
5. Одномерное уравнение линейной конвекции. Реализация явной схемы «против потока», поведение прямоугольного и гладкого начального профиля, влияние направления переноса.
6. Нелинейная конвекция и образование крутого фронта. Отличие от линейного случая, возникновение градиентной катастрофы, регуляризация за счёт вязкости.
7. Уравнение диффузии и сеточное число Фурье. Ограничение на шаг по времени, явная схема для одномерной теплопроводности, сравнение с неявными методами (Кранка — Николсон).
8. Уравнение Бюргерса как модель ударной волны. Совместное действие нелинейного конвективного переноса и вязкой диссипации, формирование стационарного профиля.
9. Схемная вязкость и дисперсия. Искусственное размазывание профиля схемой «против потока», осцилляции центрально-разностной схемы, баланс точности и устойчивости.
10. Особенности вычислительных операций с массивами в NumPy. Векторизация, работа с многомерными массивами, построение сеток (meshgrid), ускорение CFD-кода по сравнению с чистыми циклами.
11. Переход к двумерной линейной и нелинейной конвекции. Формулировка системы уравнений, индексация полей скорости u и v , визуализация переноса скалярного пятна.
12. Двумерное уравнение диффузии. Дискретизация на прямоугольной сетке, эволюция температурного поля, использование функций `contour` и `imshow` для визуализации.
13. Уравнения Лапласа и Пуассона в гидромеханике. Роль в определении поля давления и функции тока, типы граничных условий (Дирихле, Нейман), физическая интерпретация источников члена.
14. Итерационные методы решения эллиптических уравнений. Методы Якоби и Гаусса — Зейделя, понятие сходимости и невязки, организация циклов в Python, ускорение методом последовательной верхней релаксации.
15. Постановка задачи о течении в квадратной каверне. Уравнения Навье — Стокса в переменных «функция тока — вихрь», граничные условия на верхней движущейся стенке и неподвижных стенках.
16. Общая структура вычислительного цикла для каверны. Последовательное решение уравнений переноса вихря, Пуассона для функции тока и восстановление скорости, критерии сходимости внутри шага.
17. Метод конечных объёмов. Интегральная форма законов сохранения, дискретизация на произвольных сетках, связь с конечно-разностными схемами на равномерной сетке.
18. Принципы визуализации и верификации CFD-расчётов. Построение векторных полей и линий тока, извлечение профилей скорости в сечениях, сравнение с аналитическими или экспериментальными данными.