

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.аль-Фараби
Факультет механико-математический
Кафедра механики

Утверждено
на заседании Ученого совета факультета
Протокол №___ от « ___ » _____ 2015 г.

Декан факультета

_____ Кыдырбекулы А.Б.

СИЛЛАБУС

Модуль 5, Основы механики машин и численные методы
СММ 3305, Вычислительная механика

3 курс, р/о, 6 семестр (весенний), 3 кредита, специальность «5В060300– Механика», курс по выбору

Ф.И.О. лектора (лаб. зан.): Беляев Ержан Келесович, докторант кафедры механики
Телефон: 8 (727) 377-31-93, 8 (777) 138-09-67
e-mail: Yerzhan.Belyaev@kaznu.kz
каб.: 108

Пререквизиты:

- математический анализ;
- дифференциальные уравнения;
- уравнения математической физики;
- теоретическая механика;
- механика сплошной среды;
- основы тепло - и массопереноса;
- численные методы;
- программирование на алгоритмическом языке.

Целью и задачей дисциплины «Численные методы в механике» является ознакомление студентов с численными методами решения задач механики, научить основным принципам математического моделирования задач механики, ознакомить с приемами построения и исследования разностных схем, используемых для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, и численной реализации на ЭВМ.

Структура курса:

Недели	Название темы. Темы СРС	Часы	Баллы
	Модуль №1 - Некоторые сведения из вычислительной механики		
1 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №1 и №2	Решение нелинейных уравнений и систем уравнений. Метод простой итерации. Метод деления пополам (дихотомия). Метод Ньютона. Численное интегрирование и дифференцирование.	2 ч.	

	Формула трапеций. Формула Симпсона. Прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса. Методы Якоби и Зейделя. Метод простой итерации. Метод Рундсона. Метод верхней релаксации. Исследование сходимости итерационных методов.		
Лабораторное занятие №1	Численная реализация решение нелинейных уравнений и систем уравнений. Метод простой итерации. Метод деления пополам (дихотомия). Метод Ньютона. Кратные корни.	2 ч.	5
СРС	Метод простой итерации.	1 ч.	5
2 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №3 и №4	Задачи механики, сводящиеся к уравнениям параболического, гиперболического, эллиптического или смешанного типа. Уравнение теплопроводности (или диффузии), волновое уравнение (уравнение переноса) и уравнение Гельмгольца. Уравнения переноса. Уравнение Лапласа. Постановка начально-краевых условий. Корректно поставленные задачи. Трудности аналитического решения задач механики.	2 ч.	
Лабораторное занятие №2	Численное интегрирование и дифференцирование. Численная реализация формул трапеций и Симпсона. Численное исследование точности формул. Сравнение численных решений с аналитическими решениями уравнений.	2 ч.	5
СРС	Численная реализация формул трапеций и Симпсона.	1 ч.	5
Итого по модулю № 1		10 ч.	
	Модуль №2 – Конечно-разностные схемы		
3 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №5 и №6	Приближенный метод решения задач механики - метод конечных разностей. Сетки, сеточные функции. Аппроксимация производных конечно-разностными операторами. Элементарные разностные операторы. Различные методы построения конечно-разностных схем.	2 ч.	
Лабораторное занятие №3	Численная реализация прямых методов решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса. Метод Гаусса с выбором главного элемента.	2 ч.	5
СРС	Метод Гаусса.	1 ч.	5
4 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №7 и №8	Понятие устойчивости и сходимости схемы. Исследование устойчивости схем Эйлера методом фон Неймана. Первое дифференциальное приближение (ПДП или модифицированное уравнение) схем Эйлера. Исследование свойств схем с помощью ПДП.	2 ч.	
Лабораторное занятие №4	Численная реализация итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений. Методы Якоби и Зейделя. Метод простой итерации. Метод Рундсона. Метод верхней релаксации. Численное исследование сходимости итерационных методов.	2 ч.	5
СРС	Методы Якоби и Зейделя.	1 ч.	5

5 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №9 и №10	Методы решения уравнения переноса и диффузии явными методами: схемы ВВЦП, РПП. Исследование свойств (устойчивости, точности, монотонности и др. свойств) схем.	2 ч.	
Лабораторное занятие №5	Численная реализация решения уравнения переноса и диффузии явными методами: схемы ВВЦП, РПП. Численное исследование свойств (устойчивости, точности, монотонности и др. свойств) схем.	2 ч.	5
СРС	Метод построения конечно-разностной схемы – метод контрольного объема. Исследование устойчивости схем РПП методом фон Неймана. Устойчивость схемы ВВЦП для уравнения теплопроводности в подвижной среде.	1 ч.	5
6 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №11 и № 12	Понятие консервативности и монотонности схем. Схемы Лакса, Лакса-Вендроффа, «чехарда», Мак-Кормака для уравнения переноса. Схема Эйлера, центрированная по времени. Аппроксимация, устойчивость, другие свойства. Алгоритм реализации.	2 ч.	
Лабораторное занятие №6	Численная реализация решения уравнения переноса. Схемы Лакса, Лакса-Вендроффа, «чехарда», Мак-Кормака для уравнения переноса. Схема Эйлера, центрированная по времени. Численное исследование свойств схем.	2 ч.	5
СРС	Численная реализация решения уравнения переноса.	1 ч.	5
Итого по модулю № 2		20 ч.	
Модуль № 3 - Неявные схемы			
7 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №13 и № 14	Неявные схемы для одномерных уравнений переноса и/или диффузии. Неявная схема Кранка-Николсона. Аппроксимация, устойчивость и другие свойства. Алгоритм реализации.	2 ч.	
Лабораторное занятие №7	Численная реализация решения одномерных уравнений переноса и/или диффузии неявными схемами. Неявная схема Кранка-Николсона. Численное исследование свойств схем.	2 ч.	5
СРС	Численная реализация решения одномерных уравнений переноса и/или диффузии неявными схемами.	1 ч.	5
Коллоквиум			10
1 Рубежный контроль			20
Итоги 1 Рубежного контроля			100
Мидтерм			100
8 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия № 15 и № 16	Неявные разностные схемы для двумерных уравнений переноса и диффузии. Методы расщепления. Схема Кранка-Николсона. Алгоритм реализации. Метод	2 ч.	

	переменных направлений.		
Лабораторное занятие №8	Численная реализация решения двумерных уравнений переноса и диффузии неявными разностными схемами. Методы расщепления. Схема Кранка-Николсона. Метод переменных направлений.	2 ч.	5
СРС	Численная реализация решения двумерных уравнений переноса и диффузии неявными разностными схемами.	1 ч.	5
9 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия № 17 № 18	Метод дробных шагов. Метод «классики». Алгоритм реализации. Схемы для трехмерных уравнений переноса и диффузии. Неявные схемы. Схема стабилизирующей поправки.	2 ч.	
Лабораторное занятие №9	Метод дробных шагов. Метод «классики». Схемы для трехмерных уравнений переноса и диффузии. Неявные схемы. Схема стабилизирующей поправки.	2 ч.	5
СРС	Метод «классики».	1 ч.	5
Итого по модулю № 3		15 ч.	
	Модуль № 4 - Численные методы для решения эллиптических уравнений		
10 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №19 и № 20	Задачи механики сплошной среды, сводящиеся к уравнениям эллиптического типа. Постановка краевых условий. Численные методы решения эллиптических уравнений – прямые и итерационные методы. Итерационные методы решения эллиптических уравнений. Метод Ричардсона.	2 ч.	
Лабораторное занятие №10	Численная реализация решения эллиптических уравнений – прямые и итерационные методы. Метод Ричардсона.	2 ч.	5
СРС	Исследование консервативности и монотонности некоторых явных схем. Методы расщепления многомерных задач переноса и диффузии. Методы факторизации многомерных задач переноса и диффузии.	1 ч.	5
11 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №21 и №22	Метод Либмана (Гаусса-Зейделя). Условия сходимости итераций. Алгоритм реализации. Метод верхней релаксации. Неявные методы решения эллиптических уравнений. Метод переменных направлений. Алгоритмы реализаций.	2 ч.	
Лабораторное занятие №11	Численная реализация решения эллиптических уравнений – прямые и итерационные методы. Метод Либмана (Гаусса-Зейделя). Метод верхней релаксации. Неявные методы решения эллиптических уравнений. Метод переменных направлений.	2 ч.	5
СРС	Метод Либмана (Гаусса-Зейделя).	1 ч.	5
Итого по модулю № 4		10 ч.	
	Модуль № 5 - Численные методы для решения нелинейных задач механики		
12 неделя		5 ч.	

Лекционные занятия №23 и № 24	Методы численного решения нелинейных задач механики. Задачи механики сплошной среды, сводящиеся к уравнениям типа Бюргерса. Метод ВВЦП для уравнения Бюргерса. Схема «чехарда» Дюфорта-Франкеля.	2 ч.	
Лабораторное занятие №12	Численная реализация решения нелинейных задач механики (уравнения типа Бюргерса). Метод ВВЦП для уравнения Бюргерса. Схема «чехарда» Дюфорта-Франкеля.	2 ч.	5
СРС	Метод ВВЦП для уравнения Бюргерса.	1 ч.	5
13 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия №25 и № 26	Схема Лакс-Вендроффа для уравнения Бюргерса, схема Мак-Кормака.	2 ч.	
Лабораторное занятие №13	Численная реализация решения уравнения Бюргерса схемами Лакса-Вендроффа и Мак-Кормака.	2 ч.	5
СРС	Численная реализация решения уравнения Бюргерса схемами Лакса-Вендроффа и Мак-Кормака.	1 ч.	5
14 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия № 27 и № 28	Особенности численного решения задач на неоднородных сетках.	2 ч.	
Лабораторное занятие №14	Применение неоднородных сеток при решении задач механики. Примеры. Алгоритм и численные реализации.	2 ч.	5
СРС	Попеременно-треугольный метод для решения эллиптического уравнения. Метод циклической редукции. Двухшаговые методы решения уравнения Бюргерса. Метод Лакса для решения уравнения Бюргерса.	1 ч.	5
15 неделя		5 ч.	
Лекционные занятия № 29 и № 30	Реализация начальных и граничных условий. Стратегия и тактика численного решения задач МСС. Заключительные замечания.	2 ч.	
Семинарское занятие №15	Численная реализация начальных и граничных условий разного типа. Сравнение свойств различных схем.	2 ч.	5
СРС	Сравнение свойств различных схем.	1 ч.	5
Итого по модулю № 5		20 ч.	
Коллоквиум			10
2 Рубежный контроль			10
Итоги 2 Рубежного контроля			100
Экзамен			100
Итого в семестре			(1РК+2РК)/2* 0.6+0.1 *МТ+0 .3*ЭКЗ

Список литературы

Основная:

1. Самарский. Теория разностных схем. Наука. 1980г.
2. Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер Вычислительная гидромеханика и теплообмен. Том 1-2, Москва «Мир» 1990. – 726 с.
3. К. Флетчер Вычислительные методы в динамике жидкостей. Том 1-2, Москва «Мир» 1991. Том 1 – 502 с., Том 2 – 552 с.
4. П. Рочч Вычислительная гидродинамика. Москва «Мир» 1980, 616 с.
5. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука. 1980г.

Дополнительная:

1. Роже Пейре, Томас Д. Тейлор. Вычислительные методы в задачах механики жидкости.//Ленинград, 1986г, 350 стр.
2. Хейгеман Л., Янг Д. Прикладные итерационные методы. Мир. 1996г, 446 с.
3. T. J. Chung Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 2002, p. 1012
4. О. М. Белоцерковский Численное моделирование в механике сплошных сред. Москва «Наука» 1984, 518 с.
5. OpenFoam User Guide, Version 2.2.1 17th June 2013, <http://www.openfoam.org/docs/>

АКАДЕМИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА КУРСА

Все виды работ необходимо выполнять и защищать в указанные сроки. Студенты, не сдавшие очередное задание или получившие за его выполнение менее 50% баллов, имеют возможность отработать указанное задание по дополнительному графику. Студенты, пропустившие лабораторные занятия по уважительной причине, отрабатывают их в дополнительное время в присутствии лаборанта, после допуска преподавателя. Студенты, не выполнившие все виды работ, к экзамену не допускаются. Кроме того, при оценке учитывается активность и посещаемость студентов во время занятий.

будьте толерантны, уважайте чужое мнение. Возражения формулируйте в корректной форме. Плагиат и другие формы нечестной работы недопустимы. Недопустимы подсказывание и списывание во время сдачи СРС, промежуточного контроля и финального экзамена, копирование решенных задач другими лицами, сдача экзамена за другого студента. Студент, уличенный в фальсификации любой информации курса, несанкционированном доступе в Интранет, пользовании шпаргалками, получит итоговую оценку «F».

За консультациями по выполнению самостоятельных работ (СРС), их сдачей и защитой, а также за дополнительной информацией по пройденному материалу и всеми другими возникающими вопросами по читаемому курсу обращайтесь к преподавателю в период его офис-часов.

Оценка по буквенной системе	Цифровой эквивалент баллов	%-ное содержание	Оценка по традиционной системе
A	4,0	95-100	Отлично
A-	3,67	90-94	
B+	3,33	85-89	Хорошо
B	3,0	80-84	
B-	2,67	75-79	
C+	2,33	70-74	Удовлетворительно
C	2,0	65-69	
C-	1,67	60-64	

D+	1,33	55-59	
D-	1,0	50-54	
F	0	0-49	Неудовлетворительно
I (Incomplete)	-	-	«Дисциплина не завершена» (не учитывается при вычислении GPA)
P (Pass)	-	-	«Зачтено» (не учитывается при вычислении GPA)
NP (No Pass)	-	-	«Не зачтено» (не учитывается при вычислении GPA)
W (Withdrawal)	-	-	«Отказ от дисциплины» (не учитывается при вычислении GPA)
AW (Academic Withdrawal)			Снятие с дисциплины по академическим причинам (не учитывается при вычислении GPA)
AU (Audit)	-	-	«Дисциплина прослушана» (не учитывается при вычислении GPA)
Атт.		30-60 50-100	Аттестован
Не атт.		0-29 0-49	Не аттестован
R (Retake)	-	-	Повторное изучение дисциплины

Рассмотрено на заседании кафедры
протокол № от 2015 г.

Зав.кафедрой

Калтаев А.

Лектор

Беляев Е. К.