

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. аль-Фараби
Механико-математический факультет
Образовательная программа по специальности «050603-Механика»

Утверждено
на заседании Ученого совета
_____ факультета
Протокол № _____ от « _____ » _____ 2015 г.
Декан факультета _____ Ф.И.О.

«Основы турбулентных течений»
Силлабус (Syllabus)

для студентов 4 курса бакалавриата специальности «050603-Механика» ,
к/о, весенний семестр, 3 кредита

Ф.И.О. лектора: Беляев Е.К.
Телефон: (777) 138 09 67
e-mail: Yerzhan.Belyaev@kaznu.kz
каб.: **102**

Данная программа курса регламентирует занятия в форме лекций. Практическое закрепление материала осуществляется в рамках лабораторных занятий и СРМП в соответствии с расписанием и данной программой. Задания на самостоятельную работу СРС выдает лектор курса, прием самостоятельной работы осуществляется также лектором курса в установленные сроки. Рубежные задания принимает преподаватель практических занятий.

▪ **Цель** Преподавать студентам основные методы исследования турбулентных течений, научить их выводить основные уравнения и ознакомить с основополагающими аксиомами, гипотезами и современными подходами в моделировании статистической гидродинамики. Целью дисциплины является ознакомить студентов с основными моделями турбулентности и научить методам их расчета. В результате изучения курса студенты должны: а) знать основные модели турбулентных течений; б) знать принципы построения таких моделей; в) приобрести навыки исследования турбулентных течений.

▪ **Задачи:** Обучить студентов строить математические модели и привить навыки решения различных задач моделирования турбулентных течений. Турбулентное движение является основным видом течений, встречающихся на практике. Так как уравнения движения турбулентных течений являются сильно нелинейными, для их решения в основном используются численные методы анализа. Однако при этом требуется прежде всего построить надежную математическую модель, пригодную для проведения расчетов основных характеристик турбулентности. Ознакомление студентам с методами и моделями такого рода поэтому является первоочередной задачей настоящего курса. В силу неразрешенности проблемы турбулентности, разработано множество различных математических моделей турбулентности, пригодных для определенного класса течений. В рамках данного курса студентам знакомятся с основными теориями турбулентного переноса и математическими моделями конкретных турбулентных течений, которые относятся к классическим.

▪ **Результаты обучения:** необходимые знания и навыки в моделировании турбулентных течений несжимаемой и/или слабосжимаемой жидкости.

- Общие компетенции:

инструментальные: Умение оценивать методологические подходы, осуществлять их критический анализ и при необходимости предлагать новые гипотезы;

межличностные: Умение самостоятельно развивать и углублять свои знания и приобретать новые навыки на высоком профессиональном уровне; знание иностранного языка в объеме достаточном для свободного общения на произвольные темы;

системные: умение самостоятельно планировать этапы решения профессиональных задач и реализовывать их в срок; демонстрировать самостоятельность и оригинальный подход при решении проблем, умение обосновывать и принимать решения.

- Предметные компетенции: Обладание глубокими системными знаниями в области теории турбулентности: знание современных проблем моделирования турбулентных течений; знание методов создания и использования математических моделей для описания и прогнозирования различных процессов турбулентного течения.

Пререквизиты, постреквизиты. «Механика жидкости и газа», «Механика сплошных сред», Дифференциальные уравнения, Уравнения математической физики.

Структура курса: СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

не-де-ля	Название темы	Час.	Максимальный балл
1	Лекция 1 Введение. Определение турбулентности и общие понятия.	2	14
	Лабораторное занятие 1 1. Проблемы расчета турбулентных течений. Задания по тематическим блокам и формы представления результатов выполнения СРС (сдача СРС в конце каждого месяца)	1	
2	Лекция 2 Осредненные по Рейнольдсу уравнения гидродинамики. Уравнения для рейнольдсовых напряжений.	2	14
	Лабораторное занятие 2 1. Уравнение для тензора напряжений Рейнольдса СРС 2. Численное решение одномерного уравнения пограничного слоя для течения несжимаемой жидкости.	1	
3	Лекция 3 Уравнение для кинетической энергии турбулентных пульсаций. Уравнение для изотропной диссипации турбулентности.	2	14
	Лабораторное занятие 3 1. Уравнение для изотропной диссипации турбулентности. СРС 3. Численное решение одномерного уравнения пограничного слоя для течения несжимаемой жидкости.	1	
4	Лекция 4 Модели рейнольдсовых напряжений.	2	14
	Лабораторное занятие 4 Замыкание уравнений для рейнольдсовых напряжений СРС 4. Численное решение одномерного уравнения		

	пограничного слоя для течения несжимаемой жидкости.	1	
5	Лекция 5 Моделирование членов диссипации, диффузии и перераспределения в уравнениях переноса рейнольдсовых напряжений Лабораторное занятие 5 Модельная форма записи уравнений для рейнольдсовых напряжений. СРС 5. Численное решение двумерного уравнения пограничного слоя для течения несжимаемой жидкости.	2 1	14
6	Лекция 6 Модели турбулентности с уменьшенным числом уравнений для рейнольдсовых напряжений. Лабораторное занятие 6 Основные способы упрощения моделей для рейнольдсовых напряжений. СРС 6. Численное решение двумерного уравнения пограничного слоя для течения несжимаемой жидкости.	2 1	14
7	Лекция 7 LES модели турбулентности. Различные виды фильтров Лабораторное занятие 7 Напряжения Леонарда, перекрестные напряжения и SGS-рейнольдсовы напряжения. СРС 7. Численное решение двумерного уравнения пограничного слоя для течения несжимаемой жидкости.	2 1	16
	1 Рубежный контроль	1	100
8	Лекция 8 Моделирование подсеточного масштаба в LES модели турбулентности. Лабораторное занятие 8 Модель Смагоринского. СРС 8. Численное решение двумерного уравнения пограничного слоя для течения несжимаемой жидкости.	2 1	12
9	Лекция 9 Уравнения пограничного слоя Лабораторное занятие 9 Моделирование пограничных слоев. СРС 9. Численное решение двумерного уравнения пограничного слоя для течения сжимаемой жидкости.	2 1	12
10	Лекция 10 Алгебраические модели турбулентности. Модель пути смешения Прандля Лабораторное занятие 10 Область применимости алгебраических моделей СРС 10. Численное решение двумерного уравнения пограничного слоя для течения сжимаемой жидкости	2 1	12

11	Лекция 11 Алгебраические модели турбулентности. Другие модели турбулентности. Лабораторное занятие 11 Алгебраическая модель Болдуина-Ломакса СРС 11. Численное решение двумерного уравнения пограничного слоя для течения сжимаемой жидкости	2 1	
12	Лекция 12 Модели с одним уравнением. Лабораторное занятие 12 Модель Колмогорова-Прандтля. СРС 12. Применение простых алгебраических моделей турбулентности для численного решения турбулентного течения сжимаемой жидкости в пограничном слое	2 1	12
13	Лекция 13 Модели с одним уравнением Уравнение для турбулентной вязкости Лабораторное занятие 13 Уравнение для турбулентного трения СРС 13. Применение простых алгебраических моделей турбулентности для численного решения турбулентного течения сжимаемой жидкости в пограничном слое	2 1	12
14	Лекция 14 Модели с двумя уравнениями. Двухпараметрические диссипативные модели турбулентности . Лабораторное занятие 14 Двухпараметрическая диссипативная $k - \varepsilon$ -модель турбулентности СРС 14. Применение простых алгебраических моделей турбулентности для численного решения турбулентного течения сжимаемой жидкости в пограничном слое	2 1	14
15	Лекция 15 Модели с двумя уравнениями. Другие модели с двумя уравнениями Лабораторное занятие 15 Двухпараметрическая диссипативная $k - \omega$ --модель турбулентности СРС 15. Применение простых алгебраических моделей турбулентности для численного решения турбулентного течения сжимаемой жидкости в пограничном слое	2 1	14
	2 Рубежный контроль	1	100
	Экзамен		100
	ВСЕГО		100

Список литературы

1. Хинце И.О. Турбулентность. Ее механизм и теория. М.: Физматгиз, 1963. 680с.
2. Методы расчета турбулентных течений /Под ред. В.Колльмана. М.: Мир., 1984. 464с.
3. Брэдшоу П. Введение в турбулентность и ее измерение. М.: Мир, 1974. 278с.
5. Гарбарук А.В., Лапин Ю.В., Стрелец М.Х. Простая алгебраическая модель турбулентности для расчета турбулентного пограничного слоя с положительным перепадом давления // ТВТ. 1999. №1. С.82-86.
6. Рейнольдс А.Дж. Турбулентные течения в инженерных приложениях. М.:Энергия. 1979. 408с.
7. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. - М.: Мир, 1991.- Т.1,2.
8. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. - М.: Мир, 1990.- Т.1,2.
9. Белов И.А., Исаев С.А., Моделирование турбулентных течений. Учебное пособие Санкт-Петербург 2001, 106с.

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	Удовлетворительно
C+	2,33	70-74	
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 « __ » _____ г.

Зав.кафедрой _____ **А.Ж. Калтаев**

Лектор _____ **Е.К. Беляев**