

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Компьютерное моделирование процессов в энергетических установках летательных аппаратов»

Дисциплина «Компьютерное моделирование процессов в энергетических установках летательных аппаратов» является частью программы специалитета «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты двигателей летательных аппаратов» по направлению «24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

#### **Цели и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является получение студентами знаний об основных методах и задачах вычислительной гидродинамики, умений и навыков применять современное программное обеспечение и компьютерные комплексы для расчёта параметров рабочих процессов объектов профессиональной деятельности, построения геометрических моделей их деталей и узлов. Задачи учебной дисциплины: – формирование системы знаний об основных законах, уравнениях, методах и современных проблемах вычислительной гидродинамики; – формирование умения решать задачи гидродинамики с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга (CAE-систем); – формирование умения рационально сочетать аналитические методы и численные методы вычислительной гидродинамики; – формирование навыков применения современных методов вычислительной гидродинамики; – формирование навыков построения физико-механических, математических и компьютерных моделей для решения задач прикладной механики, с применением программных систем компьютерного инжиниринга (CAE-систем)..

#### **Изучаемые объекты дисциплины**

– физико-механические процессы и явления, протекающие в двигателях летательных аппаратов и энергетических установках; – конструкции, оборудование и другие объекты современной техники отраслей промышленности: двигателестроение, авиастроение, ракетостроение и космическая техника, нефтегазовое оборудование для добычи, транспортировки, хранения и переработки углеводородов; – информационные технологии; – наукоёмкие компьютерные технологии на основе применения передовых CAD/CAE-технологий; – расчётно-экспериментальные технологии, суперкомпьютерные технологии и технологии распределённых вычислений на основе высокопроизводительных кластерных систем..

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	10
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	102	54	48
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	34	18	16
- лабораторные работы (ЛР)	62	32	30
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	4	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	150	90	60
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	18	9	9
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	144	108

### Краткое содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
9-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Изучение вычислительных комплексов для построения расчётных сеток	3	14	0	25
<p>Тема 6. ICEM CFD. Неструктурированные сетки Tetra.  Знакомство с сеточным генератором ICEM CFD. Основные инструменты. Модуль Geometry. Построение геометрических объектов: возможности ICEM. Модуль Mesh. Использование модуля Tetra для построения пространственных неструктурированных расчетных сеток. Глобальный размер элемента. Измельчение сетки на границах. Проверка на ошибки. ICEM CFD. Неструктурированные расчётные сетки. Настройка параметров разбиения модели. Глобальный и локальные размеры. Создание областей локального сгущения.</p> <p>Тема 7. ICEM CFD. Структурированные сетки Hexa.  Блокинг. Расчётная сетка O-типа. Разбиение рёбер на заданное количество узлов. Скрипты в ICEM CFD. Обзор основных критериев качества сетки.</p> <p>Тема 8. Построение расчётной сетки в Workbench. Модуль для построения лопаточных машин.  Автоматическая генерация расчётной сетки. Количество узлов и элементов. Размер элементов. Измельчение расчётной сетки.</p>				
Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS CFX	6	2	0	25
<p>Тема 2. Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS CFX.  Основные уравнения применяемые для расчета течения жидкости и газов. Уравнения Навье-Стокса, неразрывности, энергии и основные методы их численного решения. Особенности метода конечных объемов в ANSYS CFX.  Турбулентные и ламинарные течения.  Математические модели, применяемые для расчета турбулентных течений жидкости и газов. Модели турбулентности применение и рекомендации. Осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса и RANS модели турбулентности. Вихреразрешающее</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
моделирование.				
Изучение компьютерных программ для ассоциативного построения 3D геометрии с целью последующего моделирования физических процессов	5	14	0	25
Тема 3. Введение в Siemens NX. Эскизы. Знакомство с системой автоматизированного проектирования NX. Модуль Моделирование. Создание, открытие и сохранение файла детали. Система координат. Типы объектов. Управление видами. Навигатор модели. Выражения. Конструктор точек. Эскизы. Размещение эскиза. Выбор привязок эскиза. Степени свободы. Размеры. Альтернативное решение. Проецирование кривой. Геометрические ограничения. Отображение и удаление ограничений. Тема 4. Кривые и поверхности. Базовые плоскости. Координатные оси. Создание слоёв и управление слоями. Ассоциативность. Кривая по закону. Кривая смещения. Свёртка/развёртка кривой на поверхность. Мостик. Сплайн. Построение поверхности по кривым. Создание поверхности вытягиванием и вращением. Тема 5. Операции с твёрдыми телами. Построение проточной области. Экспорт геометрии. Создание тел с помощью вытягивания и вращения. Моделирование с помощью примитивов (блок, цилиндр, конус, сфера). Моделирование с помощью конструктивных элементов (отверстие, бобышка, скругление ребра, фаска, паз). Параметрическое конструирование. Прямое моделирование. Булевы операции. Выделение поверхностей. Экспорт и импорт геометрии.				
Основы решения задач вычислительной газовой динамики в ANSYS CFX	4	2	0	15
Тема 1. Основы решения задач вычислительной газовой динамики в ANSYS CFX. Назначение комплектация и основные возможности пакета. Типы задач вычислительной газовой динамики. Основные этапы решения задачи в ANSYS CFX. Препроцессор, решатель и постпроцессор. Определение целей задач и				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
области моделирования. Сравнение результатов численного моделирования с экспериментальными результатами.				
ИТОГО по 9-му семестру	18	32	0	90
10-й семестр				
Основы работы в ANSYS CFX	4	6	0	15
Тема 9. Основы работы в ANSYS CFX. Обзор интерфейса ANSYS CFX. Поддерживаемые форматы сеток. Импорт сеток. Определение свойств материалов. Домены жидкости, пористых материалов и твердых тел. Многокомпонентные и многофазные потоки. Моделирование потоков с учетом сжимаемости. Граничные условия и начальные условия. Рекомендации использования граничных условий. Настройки решателя. Критерии сходимости решения уравнений. Невязки, дисбалансы и контрольные точки. Запуск расчета. Типы распараллеливания. Обработка результатов решения.				
Решение задач вычислительной газовой динамики в ANSYS CFX	8	18	0	30
Тема 11. Особенности решения задач вычислительной газовой динамики в ANSYS CFX. Стационарный и нестационарный типы анализа. Обтекание и внешнее течение. Расчеты в пограничном слое и свободном течении. Задачи с теплопереносом. Задачи с подвижными стенками. Течение со свободной поверхностью. Связанные задачи. Тема 12. Моделирование турбулентных течений. Структура турбулентных течений. Подходы к моделированию турбулентности. RANS модели. Осредненные уравнения Навье-Стокса по Рейнольдсу. Структура турбулентного течения вблизи стенки. Выбор первого пристеночного элемента. Области применения моделей турбулентности. Тема 13. Моделирование нестационарных процессов. Итерационный цикл решения нестационарной задачи. Определение времени расчета и временного шага. Условие Куранта. Инициализация начального поля параметров. Сохранение и просмотр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
результатов. Тема 14. Решение задач турбомашиностроения (осевого ротора-статора в ANSYS CFX). Задание периодических границ. Типы интерфейсов: периодичность, интерфейс между рабочим колесом и направляющим аппаратом. Вращение области. Анализ результатов расчёта в постпроцессоре.				
Постпроцессинг. Расчет интегральных характеристик, графическая визуализация расчетных данных	4	6	0	15
Тема 10. Постпроцессинг. Методы отображения и анализа результатов применительно к задачам вычислительной газовой динамики. Создание дополнительных функций. Создание дополнительных точек, линий и сечений в расчетной области. Определение интегральных характеристик. Анимация. Адаптация сетки. Критерии для адаптации.				
ИТОГО по 10-му семестру	16	30	0	60
ИТОГО по дисциплине	34	62	0	150