

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Цифровое информационное моделирование инженерных систем зданий и сооружений

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
CFD-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Расчетное задание	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пурдин М.С.
	Идентификатор	R73e8cc57-PurдинMS-97ce3ae5

М.С. Пурдин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Маскинская А.Ю.
	Идентификатор	R4ac5cf7e-MaskinskyaAY-056d228

А.Ю.
Маскинская

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение пакетов прикладных программ и их применение для математического моделирования систем вентиляции, отопления и кондиционирования.

Задачи дисциплины

- Способен разрабатывать математические модели, с использованием современных программных средств.;
- Способен использовать и сопровождать разработанные математические модели процессов тепло и массообмена для систем вентиляции, отопления и кондиционирования;
- Способен определять область применения результатов научно-исследовательских работ.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен разрабатывать проектную и рабочую документацию инженерных систем объектов капитального строительства в соответствии с техническим заданием, с использованием современных программных средств, действующими нормативно-техническими документами, создавать, использовать и сопровождать информационные модели объектов капитального строительства и их инженерных сетей на всех этапах их жизненного цикла, а также координировать действия соисполнителей и определять область применения результатов научно-исследовательских работ	ИД-1ПК-1 Разрабатывает проектную и рабочую документацию инженерных систем объектов капитального строительства в соответствии с техническим заданием, с использованием современных программных средств, действующими нормативно-техническими документами и стандартами и бизнес-процессами организации	знать: - Методы решения дискретных уравнений с использованием итерационных алгоритмов; - Принципы работы современных компьютерных кодов для моделирования процессов тепломассообмена и гидродинамики в инженерных системах. уметь: - Выбирать алгоритм и способы работы в программных средствах моделирования движения воздуха для проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; - Проводить расчеты и обрабатывать их результаты.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровое информационное моделирование инженерных систем зданий и сооружений (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Разделы информатики: программирование, основы вычислительной техники и теоретической информатики; теоретические основы теплотехники; высшую математику.
- уметь Программировать и работать с компьютером

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Введение в численные методы решения теплотехнических задач. Обобщенная форма записи уравнений. Виды уравнений.	12	2	4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по учебникам. 1.Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики // М.: Изд-во МГУ, 1999. 799 с. 2. Патанкар, С. В. Численное методы решение задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. В. Патанкар. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с. 3. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика : пер. с англ. / П. Роуч. – М. : Мир, 1980. – 616 с. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 8-12
1.1	Введение в численные методы решения теплотехнических задач.	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Виды пакетов вычислительной гидродинамики	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2	Уравнения вычислительной гидродинамики в дифференциальной форме	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по учебникам. 1.Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики // М.: Изд-во МГУ, 1999. 799 с. 2. Патанкар, С. В. Численное методы решение задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. В. Патанкар. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с. 3. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика : пер. с англ. / П. Роуч. – М. : Мир, 1980. – 616 с. <u>Изучение материалов литературных</u>
2.1	Частные случаи теплообмена в теплотехническом оборудовании	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2.2	Составляющие уравнений вычислительной гидродинамики	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	

													<u>источников:</u> [2], 470-489
3	Обобщенный вид уравнений и сеточные методы	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по учебникам.
3.1	Сведение уравнений движения, энергии и диффузии к общему виду	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	1.Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики // М.: Изд-во МГУ, 1999. 799 с. 2. Патанкар, С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. В. Патанкар. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с. 3. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика : пер. с англ. / П. Роуч. – М. : Мир, 1980. – 616 с.
3.2	Сеточные методы решения дифференциальных уравнений	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 13-23
4	Схемы аппроксимации дифференциальных членов и уравнений. Достоверность получаемых результатов	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по учебникам.
4.1	Схемы аппроксимации дифференциальных членов и уравнений	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	1.Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики // М.: Изд-во МГУ, 1999. 799 с. 2. Патанкар, С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. В. Патанкар. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с. 3. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика : пер. с англ. / П. Роуч. – М. : Мир, 1980. – 616 с.
4.2	Достоверность получаемых результатов	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 585-687 [3], 120-132 [6], 585-687
5	Работа с пакетом численного моделирования	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по учебникам. 1.
5.1	Расчетная область и граничные условия в	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	Нурiev А.Н., Зайцева О.Н., Камалутдинов А.М., Жучкова О.С. Введение в

	пакете для численного моделирования												компьютерное моделирование гидродинамических процессов в программном комплексе OpenFOAM: учебное пособие // Казань: Издательство Казанского университета, 2022. 84 с. 2. Мусин А.А., Валиуллина В.И., Минаева, М.И. Моделирование в программном пакете OpenFOAM // Практикум, Издательство: "БашГУ", Уфа, 2020 - (28 с.). https://e.lanbook.com/book/179925 . <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [7], 2-25
6	Метод контрольных объемов	12	4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по учебникам. 1. Патанкар, С. В. Численные методы решение задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. В. Патанкар. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с. 2. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика : пер. с англ. / П. Роуч. – М. : Мир, 1980. – 616 с. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 424-442
6.1	Метод контрольных объемов	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
6.2	Алгоритмы расчета течения	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
7	Модели турбулентности	22	6	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по учебникам. 1. Патанкар, С. В. Численные методы решение задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. В. Патанкар. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с. 2. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика : пер. с англ. / П. Роуч. – М. : Мир, 1980. – 616 с. 3. Валуева Е.П., Свиридов В.Г. Введение в механику жидкости // М.: Издательский дом МЭИ, 2022, 227 с. <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
7.1	Классификация и базовые модели	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
7.2	Модели турбулентности для численного моделирования	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
7.3	Встроенные модели турбулентности пакета численного моделирования	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	

														[3], 133-144 [4], 192-210 [5], 192-210
8	Учет теплофизических свойств и поля массовых сил	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по учебникам. 1. Патанкар, С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. В. Патанкар. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], п.2.2-2.3
8.1	Постоянные и переменные свойства среды	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
8.2	Учет поля массовых сил	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	32	2		-		0.5	77.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Введение в численные методы решения теплотехнических задач. Обобщенная форма записи уравнений. Виды уравнений.

1.1. Введение в численные методы решения теплотехнических задач.

Краткая история развития теплотехники. Вычислительная гидродинамика. Примеры применения CFD. Инженерная вычислительная гидродинамика..

1.2. Виды пакетов вычислительной гидродинамики

Перечень современных пакетов CFD моделирования. Порядок установки пакета. Основное содержимое пакета. Структура пользовательских каталогов..

2. Уравнения вычислительной гидродинамики в дифференциальной форме

2.1. Частные случаи теплообмена в теплотехническом оборудовании

Рассматриваются задачи: - теплообмена вблизи изотермической поверхности, - охлаждаемого ребра, - развитого ламинарного течения в канале..

2.2. Составляющие уравнений вычислительной гидродинамики

Инерционные члены и неинерционные члены. Уравнения движения, неразрывности, энергии и диффузии..

3. Обобщенный вид уравнений и сеточные методы

3.1. Сведение уравнений движения, энергии и диффузии к общему виду

Формулы удельных потоков, входящих в уравнения. Получение обобщенной формы уравнения переноса в консервативной форме. Частные случаи уравнений теплопроводности в параболическом и гиперболическом видах, уравнение конвекции..

3.2. Сеточные методы решения дифференциальных уравнений

Методы балансов, конечных разностей, конечных элементов. Виды расчетных сеток. Сгущение сеток..

4. Схемы аппроксимации дифференциальных членов и уравнений. Достоверность получаемых результатов

4.1. Схемы аппроксимации дифференциальных членов и уравнений

Особенности аппроксимация нестационарного и конвективных членов дифференциального уравнения. Аппроксимация нестационарного уравнения теплопроводности. Аппроксимация стационарного уравнения теплопроводности (задача Дирихле). Аппроксимация нестационарного конвективного уравнения. Аппроксимация граничных условий. Критерий устойчивости Куранта-Фридригса-Леви. Схемы, устойчивость, порядок точности..

4.2. Достоверность получаемых результатов

Сходимость, монотонность, релаксация, устойчивость. Погрешность решения. Вопросы достоверности численного моделирования. Способы контроля качества получаемых результатов..

5. Работа с пакетом численного моделирования

5.1. Расчетная область и граничные условия в пакете для численного моделирования
Алгоритм построения РО. Основные объекты для построения РО. Описание граничных условий в файле проекта. Граничные условия по умолчанию. Просмотр и анализ результатов в постпроцессоре. Расчет полей переменных..

6. Метод контрольных объемов

6.1. Метод контрольных объемов

Назначение МКО. Шахматная сетка. Расчет поля давления..

6.2. Алгоритмы расчета течения

Алгоритм SIMPLE. Граничные условия для давления. Алгоритмы SIMPLER, PISO, PIMPLE и другие..

7. Модели турбулентности

7.1. Классификация и базовые модели

Обзор. Модели напряжений Рейнольдса. Метод крупных вихрей. Прямое численное моделирование. Модель турбулентности Буссинеска. Теория пути перемешивания Прандтля..

7.2. Модели турбулентности для численного моделирования

Модели турбулентности Спаларта-Аллмараса, $k-\epsilon$, $k-\omega$, SST, метод крупных вихрей(LES), прямое численное моделирование турбулентности..

7.3. Встроенные модели турбулентности пакета численного моделирования

Перечень моделей. Способы включения. Виды граничных условий..

8. Учет теплофизических свойств и поля массовых сил

8.1. Постоянные и переменные свойства среды

Термофизическая модель, модели смеси, термодинамики, уравнений состояния, молекулярная, переносимой энергии..

8.2. Учет поля массовых сил

Необходимые изменения для учета поля массовых сил.

3.3. Темы практических занятий

1. 2. Частные случаи теплообмена в теплотехническом оборудовании;
2. 7. Анализ результатов расчетов. Обработка результатов в виде графиков, таблиц, полей искомых переменных постпроцессором;
3. 6. Решение задачи о теплообмене в охлаждаемом ребре;
4. 5. Решение задачи о теплообмене вблизи изотермической поверхности;
5. 4. Достоверность получаемых результатов;
6. 3. Схемы аппроксимации дифференциальных членов и уравнений;
7. 1. Введение в численные методы решения теплотехнических задач;
8. 8. Построение расчетной области в пакете OpenFOAM и демонстрация результата преподавателю;
9. 9. Выполнение расчетного задания и представление преподавателю.

3.4. Темы лабораторных работ
не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ
Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Знать:										
Принципы работы современных компьютерных кодов для моделирования процессов тепломассообмена и гидродинамики в инженерных системах	ИД-1ПК-1				+	+	+			Расчетное задание/КМ-2
Методы решения дискретных уравнений с использованием итерационных алгоритмов	ИД-1ПК-1	+	+	+	+					Расчетное задание/КМ-1
Уметь:										
Проводить расчеты и обрабатывать их результаты	ИД-1ПК-1					+		+	+	Расчетное задание/КМ-4
Выбирать алгоритм и способы работы в программных средствах моделирования движения воздуха для проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	ИД-1ПК-1							+	+	Расчетное задание/КМ-3

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-1 (Расчетное задание)
2. КМ-2 (Расчетное задание)
3. КМ-3 (Расчетное задание)
4. КМ-4 (Расчетное задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка за семестр определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценка за семестр.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики : учебник для физико-математических специальностей университетов / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова (МГУ). – 7-е изд. – М. : Изд-во МГУ : Наука, 2004. – 798 с. – (Классический университетский учебник). – ISBN 5-211-04843-1.;
2. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика : пер. с англ. / П. Роуч. – М. : Мир, 1980. – 616 с.;
3. Патанкар, С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. В. Патанкар. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с.;
4. Валуева, Е. П. Введение в механику жидкости : учебное пособие для вузов по направлениям "Техническая физика", "Теплоэнергетика" / Е. П. Валуева, В. Г. Свиридов. – 2-е изд., перераб. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 212 с. – ISBN 978-5-383-00109-7.;
5. Валуева Е.П., Свиридов В.Г.- "Введение в механику жидкости", Издательство: "МЭИ", Москва, 2020
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014301.html>;
6. А. Н. Тихонов, А. А. Самарский- "Уравнения математической физики", (Изд. 5-е, стереотип.), Издательство: "Наука", Москва, 1977 - (734 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468275>;
7. "Моделирование в программном пакете openfoam. Практикум", Издательство: "БашГУ", Уфа, 2020 - (28 с.)
<https://e.lanbook.com/book/179925>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <http://proinfosoft.ru/>
14. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
15. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
16. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
17. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
18. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
19. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>
20. Информиио - <https://www.informio.ru/>
21. АНО «Россия – страна возможностей» - <https://rsv.ru/education/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-408, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-104-3, Учебная аудитория каф. "ТМПУ"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор
Учебные аудитории для	Г-407, Учебная	парта, стол преподавателя, стул, доска

проведения промежуточной аттестации	аудитория	меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-104-5, Преподавательская каф. "ТМПУ"	стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, документы, журналы, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-02, Архив	стеллаж для хранения книг, стол для работы с документами, стул

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

CFD-моделирование в проектировании

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 КМ-1 (Расчетное задание)

КМ-2 КМ-2 (Расчетное задание)

КМ-3 КМ-3 (Расчетное задание)

КМ-4 КМ-4 (Расчетное задание)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	8	12	16
1	Введение в численные методы решения теплотехнических задач. Обобщенная форма записи уравнений. Виды уравнений.					
1.1	Введение в численные методы решения теплотехнических задач.		+			
1.2	Виды пакетов вычислительной гидродинамики		+			
2	Уравнения вычислительной гидродинамики в дифференциальной форме					
2.1	Частные случаи теплообмена в теплотехническом оборудовании		+			
2.2	Составляющие уравнений вычислительной гидродинамики		+			
3	Обобщенный вид уравнений и сеточные методы					
3.1	Сведение уравнений движения, энергии и диффузии к общему виду		+			
3.2	Сеточные методы решения дифференциальных уравнений		+			
4	Схемы аппроксимации дифференциальных членов и уравнений. Достоверность получаемых результатов					
4.1	Схемы аппроксимации дифференциальных членов и уравнений		+			
4.2	Достоверность получаемых результатов			+		
5	Работа с пакетом численного моделирования					
5.1	Расчетная область и граничные условия в пакете для численного моделирования			+		+

6	Метод контрольных объемов				
6.1	Метод контрольных объемов		+		
6.2	Алгоритмы расчета течения		+		
7	Модели турбулентности				
7.1	Классификация и базовые модели			+	
7.2	Модели турбулентности для численного моделирования			+	
7.3	Встроенные модели турбулентности пакета численного моделирования				+
8	Учет теплофизических свойств и поля массовых сил				
8.1	Постоянные и переменные свойства среды				+
8.2	Учет поля массовых сил			+	
Вес КМ, %:		20	20	30	30