

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Белгородский Валерий Савельевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 18.06.2025 18:29:51
Уникальный программный ключ:
8df276ee93e17c18e7bee9e7cad2d0ed9ab82473

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»

Институт	химических технологий и промышленной экологии
Кафедра	Энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и безопасности

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование в теплофизике и теплоэнергетике

Уровень образования	бакалавриат
Направление подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль)	Информационные системы и технологии в топливно-энергетическом комплексе
Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения	4 года
Форма(-ы) обучения	Очная

Рабочая программа учебной дисциплины «Математическое моделирование в теплофизике и теплоэнергетике» основной профессиональной образовательной программы высшего образования, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 11 от 28.03.2025 г.

Разработчик(и) рабочей программы учебной дисциплины:

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| 1. канд. техн. наук, доцент | Е. С. Бородина |
| 2. д-р техн. наук, доцент | О. И. Седяров |

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, доцент О. И. Седяров

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Учебная дисциплина «Математическое моделирование в теплофизике и теплоэнергетике» изучается в седьмом и восьмом семестрах.

Курсовая работа/Курсовой проект – не предусмотрен

1.1. Форма промежуточной аттестации:

Седьмой семестр — зачет с оценкой

Восьмой семестр — зачет с оценкой

Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Математическое моделирование в теплофизике и теплоэнергетике» относится к обязательной части программы.

Основой для освоения дисциплины являются результаты обучения по предшествующим дисциплинам и практикам:

- Физика,
 - Математика,
 - Теплофизика,
 - Техническая термодинамика
 - Тепломассообмен
 - Теория вероятности и статистика в экологии и теплоэнергетике
 - Численные методы
 - Информационные и коммуникационные технологии в профессиональной деятельности
 - Теория подобия и физическое моделирование в промышленной теплоэнергетике
- Результаты освоения учебной дисциплины в дальнейшем будут использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

2. ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Целями изучения дисциплины «Математическое моделирование в теплофизике и теплоэнергетике» являются:

- формирование научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и техники в России и за рубежом;
- изучение методологии моделирования технологических процессов и аппаратов;
- изучение основ математического и численного моделирования;
- формирование навыков работы со специальным программным обеспечением, в том числе с открытым исходным кодом, для компьютерного моделирования технологических процессов и аппаратов;
- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей обучающихся в процессе изучения дисциплины;
- приобретение современных научных взглядов, идей в ходе работы с различными источниками информации;
- использование при выполнении практических заданий методов сравнения, обобщения, систематизации, выявления причинно-следственных связей, формулирование выводов для изучения различных сторон технологических процессов, с которыми возникает необходимость сталкиваться в профессиональной сфере.
- формирование у обучающихся компетенций, установленных образовательной программой в соответствии с ФГОС ВО по данной дисциплине;

Результатом обучения по учебной дисциплине является овладение обучающимися знаниями, умениями, навыками и опытом деятельности, характеризующими процесс формирования компетенций и обеспечивающими достижение планируемых результатов освоения учебной дисциплины.

2.1. Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине:

ИД-ОПК-3.1; ИД-ОПК-3.2; ИД-ОПК-3.4; ИД-ПК-1.1; ИД-ПК-1.2

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИД-ОПК-3.1 Применение математического аппарата для решения профессиональных задач информационных технологий ИД-ОПК-3.2 Применение теоретических основ физики при решении прикладных задач промышленной теплоэнергетики ИД-ОПК-3.4 Решение задач моделирования технологических процессов и аппаратов с использованием специализированного программного обеспечения	– Знает основные понятия и принципы математического моделирования; – Применяет современную вычислительную технику для моделирования технологических процессов и аппаратов; – Проектирует и моделирует теплоэнергетические системы и процессы с применением специального программного обеспечения, в том числе с открытым исходным кодом. – Понимает основы численного и компьютерного моделирования технологических процессов и аппаратов – Владеет навыками проведения вычислительного эксперимента – Анализирует результаты моделирования, в том числе с применением специализированного программного обеспечения
ПК-1 Способен проводить научные исследования по отдельным темам (разделам тем) в области профессиональной деятельности	ИД-ПК-1.1 Сбор, обработка, анализ и обобщение научно-технической информации в соответствующей области знаний ИД-ПК-1.2 Планирование проведения экспериментальных исследований	
ПК-5 Способен применять математические модели, основы математической логики, методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем.	ИД-ПК-5.1 Применение методологии и основных методов математического моделирования, основ математической логики ИД-ПК-5.2 Проверка адекватности разработанных математических моделей	

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость учебной дисциплины по учебному плану составляет:

<i>по очной форме обучения –</i>	6	з.е.	192	час.
----------------------------------	---	-------------	-----	-------------

3.1. Структура учебной дисциплины для обучающихся по видам занятий (очная форма обучения)

Структура и объем дисциплины									
Объем дисциплины по семестрам	форма промежуточной аттестации	всего, час	Контактная аудиторная работа, час				Самостоятельная работа обучающегося, час		
			лекции, час	практические занятия, час	лабораторные занятия, час	практическая подготовка, час	курсовая работа/ курсовой проект	самостоятельная работа обучающегося, час	промежуточная аттестация, час
7 семестр	Зачет с оценкой	128	32	16	32			48	
8 семестр	Зачет с оценкой	64	24		24			16	
Всего:	Зачет с оценкой	192	56	16	56			64	

3.2. Структура учебной дисциплины/модуля для обучающихся по разделам и темам дисциплины: (очная форма обучения)

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
	Седьмой семестр						
ОПК-3: ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.4 ПК-1: ИД-ПК-1.1 ИД-ПК-1.2 ПК-5 ИД-ПК-5.1 ИД-ПК-5.2	Раздел I. Общие понятия моделирования	х	х	х	х	16	
	Тема 1.1 Понятия о моделях и моделировании.	4				Х	Формы текущего контроля по разделу I: 1. Коллоквиум 2. Выполнение индивидуальных практических заданий
	Тема 1.2 Математические модели и их классификация	4				Х	
	Тема 1.3 Этапы математического моделирования	4				Х	
	Практическое занятие 1.1 Основы векторного и тензорного анализа		6				
	Раздел II. Основы численного моделирования					16	Формы текущего контроля по разделу II и III: 1. Тестирование 2. Выполнение индивидуальных практических заданий
	Тема 2.1 Понятие о дискретном аналоге математической модели	4					
	Тема 2.2 Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения задачи Коши.	4					
	Тема 2.3. Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения краевой задачи.	4					
	Практическое занятие 2.1 Примеры расчетов с использованием метода конечных разностей. Одномерная задача теплопроводности, теплопроводность через плоскую стенку, явная и неявная схемы.		6				
	Практическое занятие 2.2 Основы построения геометрических моделей		4				
	Лабораторная работа № 2.1 Построение геометрических моделей с использованием свободного программного обеспечения. Знакомство с программой			4			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
	Лабораторная работа № 2.1 Построение геометрических моделей тел простой формы.			4			
	Лабораторная работа № 2.2 Компьютерное моделирование с использованием свободного программного обеспечения. Знакомство с программой			4			
	Лабораторная работа № 2.3 Программы для анализа и обработки результатов вычислительного эксперимента			4			
	Раздел III. Общие сведения о методе конечных элементов и методе конечных объемов	x	x	x	x	16	
	Тема 3.1 Концепция метода конечных элементов	4				x	
	Тема 3.2 Концепция метода конечных объемов	4					
	Лабораторная работа № 3.1 Компьютерное моделирование обтекания тел простой формы под разными углами к набегающему потоку			8			
	Лабораторная работа № 3.2 Анализ и обработка результатов вычислительного эксперимента обтекания тел простой формы			8			
	Зачет с оценкой	x	x	x	x	x	Зачет с оценкой
	ИТОГО за 7 семестр	32	16	32		48	
	Восьмой семестр						
ОПК-3: ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.4 ПК-1:	Раздел IV. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости					16	Формы текущего контроля по разделу IV: 1. Коллоквиум 2. Выполнение индивидуальных практических заданий
	Тема 4.1 Математическое описание физических процессов.	4					
	Тема 4.2	4					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
ИД-ПК-1.1 ИД-ПК-1.2 ПК-5 ИД-ПК-5.1 ИД-ПК-5.2	Теплопроводность						
	Тема 4.3 Основы вычислительной гидродинамики	4					
	Тема 4.4 Уравнения движения несжимаемой жидкости в декартовой системе координат	4					
	Тема 4.5 Моделирование турбулентных течений. Общие положения	4					
	Тема 4.6 Моделирование турбулентных течений. Модели турбулентности	4					
	Лабораторная работа № 4.1 Построение параметрических геометрических моделей			6			
	Лабораторная работа № 4.2 Компьютерное моделирование сложных закрученных течений			6			
	Лабораторная работа № 4.3 Анализ и обработка результатов моделирования гидродинамики закрученных потоков			6			
	Лабораторная работа № 4.4 Компьютерное моделирование поведения твердых частиц в потоке газа			6			
		Зачет с оценкой н	х	х	х	х	
	ИТОГО за 8 семестр	24		24		16	
	ИТОГО за весь период	56	16	56		64	

3.3. Краткое содержание учебной дисциплины

№ пп	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание раздела (темы)
Раздел I. Общие понятия моделирования		
Тема 1.1	Понятия о моделях и моделировании.	Модель. Цели построения моделей. Свойства моделей. Формы представления модели. Классификация моделирования. Классификация моделей.
Тема 1.2	Математические модели и их классификация	Математическая модель. Обобщенная математическая модель. Нелинейность математических моделей. Степень соответствия математической модели объекту. Классификация математических моделей.
Тема 1.3	Этапы математического моделирования	Подходы к построению математических моделей. Этапы построения математической модели. Первый этап — построение математической модели. Второй этап — выбор метода решения. Третий этап — разработка и применение программного обеспечения. Четвертый этап — компьютерное исследование или вычислительный эксперимент. Пятый этап — обработка и анализ результатов вычислительного эксперимента.
Раздел II. Основы численного моделирования		
Тема 2.1	Понятие о дискретном аналоге математической модели	Построение разностной схемы. Построение разностных (дискретных) уравнений. Исследование вычислительного алгоритма.
Тема 2.2	Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения задачи Коши.	Задача Коши. Метод Эйлера-Коши или исправленный метод Эйлера. Модифицированный метод Эйлера или метод Рунге-Кутты второго порядка. Метод Рунге-Кутты третьего и четвертого порядков. Многошаговые методы. Аппроксимация дифференциальной задачи разностной схемой. Устойчивость разностных схем
Тема 2.3	Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения краевой задачи.	Простейшие краевые задачи. Методы сведения к начальной задаче. Прямые сеточные методы. Конечно-разностные методы. Проекционные методы. Сходимость проекционных методов для линейных уравнений
Раздел III. Общие сведения о методе конечных элементов и методе конечных объемов		
Тема 3.1	Концепция метода конечных элементов	Метод конечных элементов. Преимущества и недостатки. Типы конечных элементов. Разбиение области на конечные элементы. Задача интерполяции. Интерполяционные полиномы. Интерполирование векторных величин. Интерполяционные полиномы для дискретизированной области.
Тема 3.2	Концепция метода конечных объемов	Метод конечных объемов. Общие представления о методах контрольных объемах. Метод С. Патанкара и Д. Сполдинга. Применение интегро-интерполяционного подхода для решения стационарного уравнения диффузии. Применение интегро-интерполяционного подхода для решения стационарного уравнения с конвективной и диффузионной составляющими. Метод С. К. Годунова. Метод крупных частиц
Раздел IV. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости		
Тема 4.1	Математическое описание физических процессов	Определяющие дифференциальные уравнения. Уравнение энергии. Уравнение количества движения. Усредненные по времени уравнения для турбулентного течения. Уравнение для кинетической энергии турбулентности. Обобщенное дифференциальное уравнение. Выбор координат. Односторонние и двухсторонние координаты. Основные правила построения дискретных аналогов.
Тема 4.2	Теплопроводность	Стационарная одномерная теплопроводность. Основные уравнения. Теплопроводность граней контрольного объема. Нелинейность. Линеаризация источников члена. Граничные условия. Нестационарная одномерная теплопроводность. Обобщенный дискретный аналог. Двух- и трехмерные задачи.

№ пп	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание раздела (темы)
		Дискретный аналог для трех измерений. Поточечный последовательный метод Гаусса-Зейделя. Метод переменных направлений. Методы верхней и нижней релаксаций.
Тема 4.3	Основы вычислительной гидродинамики	Область вычислительной гидродинамики. Исторический обзор. Существование и единственность решений. Замечания об аппроксимации, сходимости и устойчивости решений.
Тема 4.4	Уравнения движения несжимаемой жидкости в декартовой системе координат	Уравнения движения для физических переменных. Уравнения переноса вихря и уравнение для функции тока в случае плоских течений. Консервативная форма уравнений. Уравнения в безразмерных переменных. Одномерные модельные уравнения переноса. Основные численные методы расчета движения несжимаемой жидкости
Тема 4.5	Моделирование турбулентных течений. Общие положения	Основные подходы к моделированию турбулентности. Уравнения Рейнольдса и проблема замыкания. Уравнение неразрывности. Уравнения движения. Уравнение переноса скалярной величины. Концепция турбулентной вязкости и градиентной диффузии. Кинетическая энергия турбулентного потока. Классификация методов расчета турбулентных течений (DNS, LES, RANS)
Тема 4.6	Моделирование турбулентных течений. Модели турбулентности.	История развития моделей турбулентности. Классификация моделей турбулентности. Гипотеза пути смешения Прандтля. Алгебраические модели турбулентности. Алгебраические модели для пристенных течений (на примере модели Себеси-Смита). Модель Болдуина-Ломакса. Дифференциальные модели турбулентности. Модели с одним дифференциальным уравнением. Модель Спаларта-Аллмареса. Модель Секундова $v_t=92$. Модели с двумя дифференциальными уравнениями. Модели типа k- ϵ . Модели типа k- ω . Модель Ментера SST. Модели рейнольдсовых напряжений. Поправки к моделям турбулентности

3.4. Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – обязательная часть образовательного процесса, направленная на развитие готовности к профессиональному и личностному самообразованию, на проектирование дальнейшего образовательного маршрута и профессиональной карьеры.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине организована как совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя и по его заданию. Аудиторная самостоятельная работа обучающихся входит в общий объем времени, отведенного учебным планом на аудиторную работу, и регламентируется расписанием учебных занятий.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – планируемая учебная, научно-исследовательская, практическая работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, расписанием учебных занятий не регламентируется.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся включает в себя:

- подготовку к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, экзамену
- изучение учебных пособий;
- изучение разделов/тем, невыносимых на лекции и практические занятия самостоятельно;
- подготовка к выполнению лабораторных работ и отчетов по ним;

– изучение теоретического и практического материала по рекомендованным источникам;

– подготовка к коллоквиумам;

– подготовка к промежуточной аттестации в течение семестра;

Самостоятельная работа обучающихся с участием преподавателя в форме иной контактной работы предусматривает групповую и (или) индивидуальную работу с обучающимися и включает в себя:

– проведение консультаций перед экзаменом по необходимости;

– консультации по организации самостоятельного изучения отдельных разделов/тем, базовых понятий учебных дисциплин профильного/родственного бакалавриата, которые формировали ОПК и ПК, в целях обеспечения преемственности образования.

Перечень разделов/тем/, полностью или частично отнесенных на самостоятельное изучение с последующим контролем:

№ пп	Наименование раздела /темы дисциплины, выносимые на самостоятельное изучение	Задания для самостоятельной работы	Виды и формы контрольных мероприятий (учитываются при проведении текущего контроля)	Трудоемкость, час
Раздел I	Общие понятия моделирования			
Тема 1.1	Понятия о моделях и моделировании.	Проработать учебный материал по предложенной учебной литературе. Подготовка к коллоквиуму.	устное собеседование по результатам выполненной работы, коллоквиум, выполнение индивидуальных заданий	16
Тема 1.2	Математические модели и их классификация			
Тема 1.3	Этапы математического моделирования			
Раздел II.	Основы численного моделирования			
Тема 2.1	Понятие о дискретном аналоге математической модели	Проработать учебный материал по предложенной учебной литературе. Подготовка к тестированию.	устное собеседование по результатам выполненной работы, тестирование, выполнение индивидуальных заданий	16
Тема 2.2	Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения задачи Коши.			
Тема 2.3	Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения краевой задачи.			
Раздел III	Общие сведения о методе конечных элементов и методе конечных объемов			
Тема 3.1	Концепция метода конечных элементов	Проработать учебный материал по предложенной учебной литературе. Подготовка к тестированию.	устное собеседование по результатам выполненной работы,	16
Тема 3.2	Концепция метода конечных объемов			

			тестирование, выполнение индивидуальных заданий	
Раздел IV	Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости			
Тема 4.1	Математическое описание физических процессов	Проработать учебный материал по предложенной учебной литературе. Подготовка к коллоквиуму	устное собеседование по результатам выполненной работы, коллоквиум, выполнение индивидуальных заданий	16
Тема 4.2	Теплопроводность			
Тема 4.3	Основы вычислительной гидродинамики			
Тема 4.4	Уравнения движения несжимаемой жидкости в декартовой системе координат			
Тема 4.5	Моделирование турбулентных течений. Общие положения			
Тема 4.6	Моделирование турбулентных течений. Модели турбулентности.			

3.5. Применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

При реализации программы учебной дисциплины/учебного модуля электронное обучение и дистанционные образовательные технологии не применяются.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ, СИСТЕМА И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ

4.1. Соотнесение планируемых результатов обучения с уровнями сформированности компетенции(й).

Уровни сформированности компетенции(-й)	Итоговое количество баллов в 100-балльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Оценка в пятибалльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Показатели уровня сформированности		
			универсальной(-ых) компетенции(-й)	общефессиональной(-ых) компетенций	профессиональной(-ых) компетенции(-й)
				ОПК-3: ИД-ОПК-3.1 ИД-ОПК-3.2 ИД-ОПК-3.4	ПК-1: ИД-ПК-1.1 ИД-ПК-1.2 ПК-5 ИД-ПК-5.1 ИД-ПК-5.2
высокий	85 – 100	отлично		Обучающийся: – Знает основные понятия и принципы математического и компьютерного моделирования для решения типовых задач в области техносферной безопасности; – Применяет современную вычислительную технику и информационно-коммуникационные технологии для моделирования технологических процессов и аппаратов; – Проектирует теплоэнергетических систем с использованием современных САПР, в том числе с открытым исходным кодом – Умеет идентифицировать сложные процессы и подбирать их математические модели	– Владеет навыками численного и компьютерного моделирования технологических процессов и аппаратов – Применяет в полном объеме соответствующий математический аппарат и теоретические основы физики при моделировании технологических процессов и аппаратов – Владеет навыками проведения вычислительного эксперимента – Анализирует результаты моделирования, в том числе с применением специализированного программного обеспечения – Владеет навыками проектирования и моделирования теплоэнергетических систем с применением специального программного обеспечения, в том числе с открытым исходным кодом

повышенный	65 – 84	хорошо		Обучающийся: – Знает в достаточном объеме в соответствии с программой курса основные понятия и принципы математического и компьютерного моделирования для решения типовых задач в области техносферной безопасности; – Знает основную современную вычислительную технику и информационно-коммуникационные технологии для моделирования технологических процессов и аппаратов; – Понимает основы проектирования теплоэнергетических систем с использованием современных САПР, в том числе с открытым исходным кодом – Умеет идентифицировать усложнённые процессы и подбирать их физические и математические модели;	– Понимает основы численного и компьютерного моделирования технологических процессов и аппаратов, но допускает небольшие ошибки при использовании знаний на практике – Применяет математический аппарат и теоретические основы физики при моделировании технологических процессов и аппаратов, однако допускает некоторые незначительные ошибки в математических и/или физических описаниях процессов или явлений – Знает основы проведения вычислительного эксперимента, но допускает небольшие ошибки при использовании знаний на практике – Знает основы анализа результатов моделирования, в том числе с применением специализированного программного обеспечения – Знает основы проектирования и моделирования теплоэнергетических систем с применением специального программного обеспечения, в том числе с открытым исходным кодом
базовый	41 – 64	удовлетворительно	–	Обучающийся: – Знает на удовлетворительном уровне только общие понятия и принципы математического и компьютерного моделирования; – Может называть некоторую современную вычислительную технику и информационно-коммуникационные технологии для	– Знает на удовлетворительном уровне основы численного и компьютерного моделирования технологических процессов и аппаратов, допускает значительные ошибки при использовании знаний на практике – Применяет математический аппарат и теоретические основы

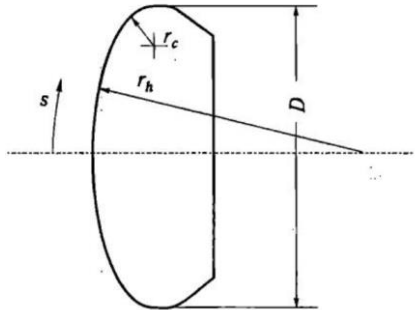
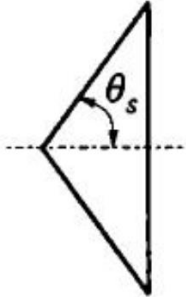
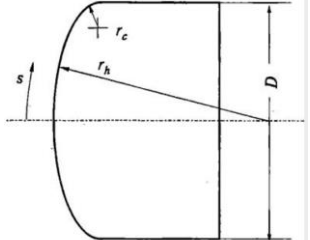
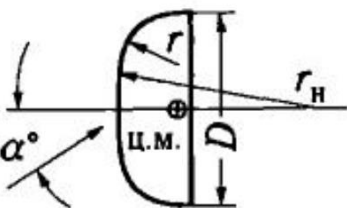
				моделирования технологических процессов и аппаратов; – Понимает некоторые общие основы проектирования теплоэнергетических систем с использованием современных САПР, в том числе с открытым исходным кодом – Умеет идентифицировать типовые процессы и подбирать их физические и математические модели;	физики при моделировании технологических процессов и аппаратов, однако допускает некоторые значительное количество ошибок в математических и/или физических описаниях процессов или явлений – Знает на удовлетворительном уровне основы проведения вычислительного эксперимента, допускает ошибки при использовании знаний на практике – Знает общие вопросы анализа результатов моделирования – Знает основы проектирования и моделирования теплоэнергетических систем с применением специального программного обеспечения
низкий	0 – 40	неудовлетворительно	Обучающийся: – демонстрирует фрагментарные знания теоретического и практического материала в области моделирования технологических процессов и аппаратов, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации; – испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами; – выполняет задания только по образцу и под руководством преподавателя; – ответ отражает отсутствие знаний на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы.		

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При проведении контроля самостоятельной работы обучающихся, текущего контроля и промежуточной аттестации по учебной дисциплине проверяется уровень сформированности у обучающихся компетенций и запланированных результатов обучения по дисциплине, указанных в разделе 2 настоящей программы.

5.1. Формы текущего контроля успеваемости, примеры типовых заданий:

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий
	Коллоквиум по разделу I «Общие понятия моделирования»	Вариант 1 1. Что такое модель и моделирование? 2. Назовите цели моделирования. Вариант 2 1. Назовите разновидности содержательных моделей 2. Назовите отличие идеального моделирования от материального. Вариант 3 1. Перечислите признаки, по которым классифицируются математические модели. 2. Чем отличаются дескриптивные и управленческие модели?
	Тестирование по Разделам II и III «Основы численного моделирования» и «Общие сведения о методе конечных элементов и методе конечных объемов»	Варианты тестовых заданий 1. Итерация – это А) Повторение. Результат повторного применения какой-либо математической операции. Б) Замена одних математических объектов другими, в том или ином смысле близким к исходным. В) Число, изображаемое единицей и 18 нулями Г) Продолжение функции, принадлежащей заданному классу, за пределы ее области определения. 2. Конечными разностями первого порядка называют А) Сумму соседних узлов интерполяций Б) Разность между значениями функций в соседних узлах интерполяции В) Сумму между значениями функций в соседних узлах интерполяции Г) Произведение значений трех соседних узлов интерполяции 3. Какой из методов называют методом касательных? А) метод Ньютона Б) метода Флетчера-Ривса В) метод Зейделя Г) метод квадратного корня
	Индивидуальные практические задания к лабораторным работам	<i>Семестр № 7</i> <u>Лабораторная работа № 2.1-2.2.</u> Построение геометрической модели объекта простой формы с использованием свободного программного обеспечения Salome. Примеры объектов:

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий			
		1		3	
		2		4	
		<u>Лабораторная работа № 2.3.</u> Знакомство с программным обеспечением для математического моделирования. Расчет обтекания воздухом объекта простой формы (ЛР 2.1). <u>Лабораторная работа № 2.4.</u> Знакомство с программным обеспечением для анализа и обработки результатов расчетов. Анализ и обработка результатов расчетов, полученных в ЛР №2 в соответствии с индивидуальным заданием (ЛР № 2.1). Вывод полученных результатов. Написание отчета. <u>Лабораторная работа № 3.1-3.2</u> Расчет обтекания воздухом 3-мерного объекта простой формы (задание к ЛР 2.1) под разными углами к набегающему потоку и анализ результатов расчетов <u>Семестр № 9</u>			

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий
		<u>Лабораторная работа № 4.1</u> Построение параметрической геометрической модели аппарата пылеочистки в соответствии с индивидуальным заданием (Препроцессинг) Примеры заданий: 1. Циклон ЦН-11 2. Циклон ЦН-15 3. Циклон ЦН-24 <u>Лабораторная работа № 4.2</u> Расчет гидродинамики потоков в аппарате пылеочистки в соответствии с индивидуальным заданием (ЛР 4.1) с использованием специального программного обеспечения <u>Лабораторная работа 4.3</u> Расчет движения частиц пыли в аппарате пылеочистки в соответствии с индивидуальным заданием Примеры заданий: 1. Тип пыли Подмосковский уголь Б, тип топки — с механической цепной решеткой, плотность 1430 кг/м^3, концентрация на входе в аппарат 2. Тип пыли Подмосковский уголь Б, тип топки — ПМЗ с неподвижной решеткой, плотность 1400 кг/м^3, концентрация на входе в аппарат 3. Тип пыли Воркутинский уголь ПЖ, тип топки — ПМЗ с неподвижной решеткой, плотность 1350 кг/м^3, концентрация на входе в аппарат <u>Лабораторная работа № 4.4</u> Анализ и обработка результатов расчетов, полученных в ЛР 4.2 и 4.3. Вывод полученных результатов. Составление отчета.
	Коллоквиум по разделу IV «Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости»	Вариант 1 1. Уравнение теплопроводности 2. Назовите, какие вы знаете модели турбулентности Вариант 2 1. Уравнения Навье-Стокса 2. Классификация методов расчета турбулентных течений. Вариант 3 1. Теплопроводность граней контрольного объема. 2. Основные подходы к моделированию турбулентности

5.2. Критерии, шкалы оценивания текущего контроля успеваемости:

Наименование оценочного средства (контрольно- оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
		100-балльная система	Пятибалльная система
Коллоквиум 1	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить причинно-следственные связи. Обучающийся демонстрирует глубокие и прочные знания материала по заданным вопросам, исчерпывающе и последовательно, грамотно и логически стройно его излагает	16-20 баллов	5
	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения дисциплины; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Обучающийся твердо знает материал по заданным вопросам, грамотно и последовательно его излагает, но допускает несущественные неточности в определениях.	12-15 балла	4
	Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос (вопросы), но при этом показано умение выделить причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Обучающийся владеет знаниями только по основному материалу, но не знает отдельных деталей и особенностей, допускает неточности и испытывает затруднения с формулировкой определений.	8-11 балла	3
	Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос,	0-7 баллов	2

Наименование оценочного средства (контрольно- оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
		100-балльная система	Пятибалльная система
	но и на другие вопросы темы.		
	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины.	0 баллов	
	Не принимал участия в коллоквиуме.	0 баллов	
Индивидуальные практические задания к лабораторным работам	Работа сдана в срок. Обучающийся демонстрирует грамотное решение всех задач, использование правильных методов и формул для решения при незначительных погрешностях	9-10 баллов	5
	Работа сдана в срок. Продемонстрировано использование правильных методов и формул при решении задач при наличии существенных ошибок в 1 из них;	7-8 баллов	4
	Работа сдана позже положенного срока. Обучающийся использует верные методы решения, но результаты получаются не верными, полученная картина не соответствует физическому описанию, имеются ошибки в геометрической модели ;	5-6 баллов	3
	Обучающимся использованы неверные методы решения, отсутствуют верные ответы.	0-4 баллов	2
	Работа не выполнена.	0 баллов	
Коллоквиум 2	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить причинно-следственные связи. Обучающийся демонстрирует глубокие и прочные знания материала по заданным вопросам, исчерпывающе и последовательно, грамотно и логически стройно его излагает	21-30 баллов	5
	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения дисциплины; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Обучающийся твердо знает материал по заданным вопросам, грамотно и последовательно его излагает, но допускает несущественные неточности в определениях.	16-20 балла	4

Наименование оценочного средства (контрольно- оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания		
		100-балльная система	Пятибалльная система	
	Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос (вопросы), но при этом показано умение выделить причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Обучающийся владеет знаниями только по основному материалу, но не знает отдельных деталей и особенностей, допускает неточности и испытывает затруднения с формулировкой определений.	11-15 балла	3	
	Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы темы.	0-10 баллов	2	
	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины.	0	0	
	Не принимал участия в коллоквиуме.	0 баллов		
Тест	За выполнение каждого тестового задания испытуемому выставаются баллы. Номинальная шкала оценивания. За правильный ответ к каждому заданию выставается один балл, за не правильный — ноль. В соответствии с номинальной шкалой, оценивается всё задание в целом, а не какая-либо из его частей. Правила оценки всего теста: Тест состоит из 10 вопросов. Общая сумма баллов за все правильные ответы составляет наивысший балл 10 баллов.	8 – 10 баллов	5	85% - 100%
		6 – 7 баллов	4	65% - 84%
		4 – 5 баллов	3	41% - 64%
		0 – 3 баллов	2	40% и менее 40%

5.3. Промежуточная аттестация:

Форма промежуточной аттестации	Типовые контрольные задания и иные материалы для проведения промежуточной аттестации:
Зачет с оценкой 7 семестр в устной форме по билетам	Билет N 1 1. Какие существуют виды моделирования? 2. Принципы создания физических и математических моделей. 3. Основные этапы моделирования Билет N 2 1. Какие виды концептуальных моделей вы знаете? 2. Назовите элементы обобщенной математической модели 3. По каким классификационным признакам можно подразделять модели? Билет N 3 1. Что такое математическая модель и математическое моделирование? 2. Основы метода наименьших квадратов. 3. Метод прогонки для решения систем линейных уравнений с трехдиагональной матрицей
Зачет с оценкой 8 семестр в устной форме по билетам	Экзаменационный билет N 1 1. Уравнение движения несжимаемой жидкости. 2. Основы метода конечных элементов. 3. Основные этапы моделирования Экзаменационный билет N 2 1. Стационарная одномерная теплопроводность. 2. Уравнение неразрывности. Уравнения движения. 3. Детерминистские и стохастические модели. Экзаменационный билет N 3 1. Классификация методов расчета турбулентных течений. 2. Основное уравнение теплопроводности. Линеаризация источникового члена 3. Область применения математического моделирования.

5.4. Критерии, шкалы оценивания промежуточной аттестации учебной дисциплины/модуля:

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
Наименование оценочного средства		100-балльная система	Пятибалльная система
Зачет с оценкой: в устной форме по билетам. Распределение баллов по вопросам билета: 1-й вопрос: 0 – 10баллов 2-й вопрос: 0 – 10 баллов 3-й вопрос: 0 – 10 баллов	Обучающийся: – демонстрирует знания отличающиеся глубиной и содержательностью, дает полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные; – свободно владеет научными понятиями, ведет диалог и вступает в дискуссию; – способен к интеграции знаний по определенной теме, структурированию ответа, к анализу положений существующих теорий, направлений по вопросу билета; – логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; Ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью суждений, иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики.	24 -30 баллов	5 зачтено
	Обучающийся: – показывает достаточное знание учебного материала, но допускает несущественные фактические ошибки, которые способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу; – недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета; – недостаточно логично построено изложение вопроса; В ответе раскрыто, в основном, содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы.	12 – 23баллов	4 зачтено
	Обучающийся: – показывает знания фрагментарного характера, которые отличаются поверхностностью и малой содержательностью, допускает фактические грубые ошибки; – не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты, нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность	6 – 11баллов	3 зачтено

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
Наименование оценочного средства		100-балльная система	Пятибалльная система
	представляемого материала, представления о межпредметных связях слабые. Содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные и дополнительные вопросы билета, ответ носит репродуктивный характер.		
	Обучающийся, обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки при ответе на вопросы. На большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.	0 – 5баллов	2 Не зачтено

5.5. Система оценивания результатов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.

Семестр №7

Форма контроля	100-балльная система	Пятибалльная система
Текущий контроль:		
- Тестирование	0 - 10 баллов	2 – 5
- Коллоквиум	0 - 20 баллов	2 – 5
- Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №1	0 – 10 баллов	2 – 5
- Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №2	0 – 10 баллов	2 – 5
- Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №3	0 – 10 баллов	2 – 5
- Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №4	0 – 10 баллов	2 – 5
Промежуточная аттестация экзамен	0 - 30 баллов	отлично хорошо
Итого за семестр экзамен	0 - 100 баллов	удовлетворительно неудовлетворительно

Семестр №8

Форма контроля	100-балльная система	Пятибалльная система
Текущий контроль:		
-Коллоквиум	0 - 30 баллов	2 – 5
Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №5	0 – 5 баллов	2 – 5
Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №6	0 – 5 баллов	2 – 5
Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №7	0 – 5 баллов	2 – 5
Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №8	0 – 5 баллов	2 – 5
Промежуточная аттестация экзамен	0 - 30 баллов	отлично хорошо
Итого за семестр экзамен	0 - 100 баллов	удовлетворительно неудовлетворительно

Полученный совокупный результат конвертируется в пятибалльную систему оценок в соответствии с таблицей:

100-балльная система	пятибалльная система
	экзамен
85 – 100баллов	отлично
65 – 84баллов	хорошо
41–64 баллов	удовлетворительно
0 – 40баллов	неудовлетворительно

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Реализация программы предусматривает использование в процессе обучения следующих образовательных технологий:

- проблемная лекция;
- разбор конкретных ситуаций;
- преподавание дисциплины в форме курсов, составленных на основе результатов научных исследований, в том числе с учётом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей;
- поиск и обработка информации с использованием сети Интернет;
- использование на лекционных занятиях видеоматериалов и наглядных пособий;
- обучение в сотрудничестве (командная, групповая работа).

7. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Практическая подготовка в рамках учебной дисциплины реализуется при проведении практических занятий, лабораторных работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

8. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения, проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации.

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса лицам с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения.

Учебные и контрольно-измерительные материалы представляются в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями с учетом нозологических групп инвалидов:

Для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.

Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма проведения текущей и промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины. При необходимости студенту предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене.

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся создаются, при необходимости, фонды оценочных средств, адаптированные для лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить

достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Характеристика материально-технического обеспечения дисциплины составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение дисциплины при обучении с использованием традиционных технологий обучения.

Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.	Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.
119071, г. Москва, Донская улица, дом 39, строение 4	
аудитории для проведения занятий лекционного типа	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук; – проектор, – экран, – маркерная доска
аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук, – проектор, – маркерная доска, – наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.
аудитории для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: - экран переносной ClassicSolutionLibra 180x180, - проектор BenQMX511 9H.J3R77.33 Оборудования (стенды) для проведения лабораторных работ по БЖД и Экологии
119071, г. Москва, Малый Калужский переулок, дом 2, строение 6	
читальный зал библиотеки:	компьютерная техника; подключение к сети «Интернет»

Технологическое обеспечение реализации программы осуществляется с использованием элементов электронной информационно-образовательной среды университета.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Автор(ы)	Наименование издания	Вид издания (учебник, УП, МП и др.)	Издательство	Год издания	Адрес сайта ЭБС или электронного ресурса	Количество экземпляров в библиотеке Университета
10.1 Основная литература, в том числе электронные издания							
2	В.П. Тарасик	Математическое моделирование технических систем	Учебник	Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М	2020	https://znanium.com/catalog/document?id=346522	
3	Шенк, Х. ред. Н. П. Бусленко. - , Пер. с англ.	Теория инженерного эксперимента	Учебник	М.: Мир	1972		20
4	А.Ю. Козлов, В.С. Мхитарян, В.Ф. Шишов	Статистический анализ данных в MS Excel	УП	М.: ИНФРА-М	2022	https://znanium.com/catalog/document?id=399560	
5	Касаткин, А. Г.	Основные процессы и аппараты химической технологии. - ,	Учебное пособие	М.: Альянс	2005		60
6	В.П. Тарасик	Математическое моделирование технических систем	Учебник	Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М	2020	https://znanium.com/catalog/document?id=346522	
7	Н.Г. Чикуров	Моделирование систем и процессов	Учебное пособие	М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М	2019	https://znanium.com/catalog/document?id=355582	
8	Демидович В.П. Марон И.А.	Основы вычислительной математики	УП	Спб.: Лань	2009		10
9	Пантина И. В.	Вычислительная математика [Электронный ресурс] ISBN 978-5-4257-0064-3.	Учебник	М.: МФПУ Синергия	2012	https://znanium.com/catalog/document?id=227728	
10	Кутателадзе, С. С., Леонтьев А. И.	Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое	Учебник	М.: Энергия	1972		5

10.2 Дополнительная литература, в том числе электронные издания							
1	Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В.	Вычислительные методы для инженеров	Учебник	М.: Высшая школа	1994		5
2	Лыков, А. В.	Тепломассообмен	Учебник	М.: Энергия	1978		10
3	И.В.Кудинов, В.А.Кудинов; Под ред. Э.М.Карташова.	Аналитические решения параболических и гиперболических уравнений тепломассопереноса	Учебное пособие	М.:НИЦ ИНФРА- М	2019	https://znanium.com/catalog/document?id=355626	5
4	Мустейкис А.И., Юнаков Л.П.	Численное решение задач тепломассообмена. Часть 1. Теплопроводность	Учебное пособие	М.: НИЦ ИНФРА- М	2016	https://znanium.com/catalog/document?pid=544567	
5	ВидинЮ.В., ЗлобинВ.С., ИвановВ.В. и др.	Инженерные методы расчета задач нелинейного теплообмена при ламинарном течении жидкости в каналах	монография	Краснояр.: СФУ	2015	https://znanium.com/catalog/document?id=91384	
10.3 Методические материалы (указания, рекомендации по освоению дисциплины авторов РГУ им. А. Н. Косыгина)							
1	Тюрин М.П., Бородин Е.С.	Практикум. Теория и практика экспериментальных исследований.	УП	М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»	2021		20
2	Тюрин М.П., Бородин Е.С.	Теория и практика эксперимента.	УП	М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»	2021		20
3	А. С. Белоусов, В. И. Курин	Разработка моделей теплообмена в проточных технологических аппаратах	Методические указания	<u>М.:МГУДТ</u>	2016		20
4	В. В. Иванов, А. В. Фирсов, А. Н. Новиков	Моделирование с помощью MATLAB [Электронный ресурс]	Электронное учебное пособие	М.:МГУДТ	2016		20

11. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

11.1. Ресурсы электронной библиотеки, информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

№ пп	Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы
1.	«Znanium.com» научно-издательского центра «Инфра-М» http://znanium.com/
2.	Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/
3.	«ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru
4.	О предоставлении доступа к информационно-аналитической системе SCIENCE INDEX (включенного в научный информационный ресурс elibrary.ru) https://www.elibrary.ru/
5.	ЭБС «Лань» http://www.e.lanbook.com/
6.	ООО «Национальная электронная библиотека» (НЭБ) http://нэб.рф/ Договор № 101/НЭБ/0486 – пот 21.09.2018 г.
7.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://www.elibrary.ru/ Лицензионное соглашение № 8076 от 20.02.2013 г.
8.	НЭИКОН http://www.neicon.ru/ Соглашение №ДС-884-2013 от 18.10.2013 г.
Профессиональные базы данных, информационные справочные системы	
1.	«Polpred.com Обзор СМИ» http://www.polpred.com Соглашение № 2014 от 29.10.2016 г.
2.	Web of Science http://webofknowledge.com/ Сублицензионный договор № wos/917 на безвозмездное оказание услуг от 02.04.2018 г.
3.	Scopus http://www.Scopus.com/ Сублицензионный Договор № Scopus /917 от 09.01.2018 г.
4.	«SpringerNature» http://www.springernature.com/gp/librarians Платформа Springer Link: https://rd.springer.com/ Платформа Nature: https://www.nature.com/ Базаданных Springer Materials: http://materials.springer.com/ Базаданных Springer Protocols: http://www.springerprotocols.com/ База данных zbMath: https://zbmath.org/ База данных Nano: http://nano.nature.com/ Сублицензионный договор № Springer/41 от 25 декабря 2017 г.
5.	http://arxiv.org — база данных полнотекстовых электронных публикаций научных статей по физике, математике, информатике
6.	http://www.garant.ru/ - Справочно-правовая система (СПС) «Гарант», комплексная правовая поддержка пользователей по законодательству Российской Федерации
7.	http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/databases/ -базы данных на Едином Интернет-портале Росстата

11.2. Перечень программного обеспечения

№п/п	Программное обеспечение	Реквизиты подтверждающего документа/Свободно распространяемое
1.	Windows 10 Pro, MS Office 2019	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
2.	PrototypingSketchUp: 3D modeling for everyone	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
3.	V-Ray для 3Ds Max	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
4.	NeuroSolutions	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
5.	WolframMathematica	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
6.	Microsoft VisualStudio	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
7.	CorelDRAWGraphicsSuite 2018	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
8.	Mathcad	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
9.	Matlab+Simulink	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019.
10.	Adobe Creative Cloud2018 all Apps (Photoshop, Lightroom, Illustrator, InDesign, XD, Premiere Pro, Acrobat Pro, Lightroom Classic,Bridge, Spark, Media Encoder, InCopy, Story Plus, Museидр.)	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
11.	SolidWorks	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
12.	Rhinoceros	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
13.	Simplify 3D	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
14.	FontLab VI Academic	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
15.	PinnacleStudio 18 Ultimate	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
16.	КОМПАС-3d-V 18	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
17.	ProjectExpert 7 Standart	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
18.	Альт-Финансы	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
19.	Альт-Инвест	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
20.	Программа для подготовки тестов Indigo	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
21.	AutodeskAutoCAD 2021 для учебных заведений, подписка к бессрочной лицензии	Договор #110003456652 от 18 февр. 2021 г. Распространяется свободно для аккредитованных учебных заведений
22.	LibreOffice GNU Lesser General Public License	Свободно распространяемое
23.	ScilabCeCILL (свободная, совместимая с GNU GPL v2)	Свободно распространяемое
24.	Linux Ubuntu GNU GPL	Свободно распространяемое
25.	FDS-SMV free and open-source software	Свободно распространяемое
26.	AnyLogic Personal Learning Edition	Свободно распространяемое
27.	Helyx-OS GNU General Public License	Свободно распространяемое
28.	OpenFoam v.4.0 GNU General Public License	Свободно распространяемое
29.	DraftSight 2018 SP3 Автономная бесплатная лицензия	Свободно распространяемое
30.	GNU Octave GNU General Public License	Свободно распространяемое

**ЛИСТ УЧЕТА ОБНОВЛЕНИЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЫ**

В рабочую программу учебной дисциплины внесены изменения/обновления и утверждены на заседании кафедры:

№ пп	год обновления РПД	характер изменений/обновлений с указанием раздела	номер протокола и дата заседания кафедры