

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Белгородский Валерий Савельевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.06.2024 17:51:12
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

Основы моделирования технологических процессов и аппаратов

| | |
|---|--|
| Уровень образования | бакалавриат |
| Направление подготовки | 20.03.01 Техносферная безопасность |
| Направленность (профиль) | Инжиниринг техносферы, системы безопасности и экспертиза |
| Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения | 4 года |
| Форма(-ы) обучения | Очная |

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы моделирования технологических процессов и аппаратов» основной профессиональной образовательной программы высшего образования, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 9 от 15.03.2024 г.

Разработчик(и) рабочей программы учебной дисциплины:

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

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

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Учебная дисциплина «Основы моделирования технологических процессов и аппаратов» 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 «Основы моделирования технологических процессов и аппаратов» относится к обязательной части программы.

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

- Физика,
- Математика,
- Теплофизика,
- Техническая термодинамика и теплопередача
- Теория вероятности и статистика в экологии и теплоэнергетике
- Уравнения математической физики в экологии и теплоэнергетике
- Информационные и коммуникационные технологии в профессиональной

деятельности

- Теория и практика проведения экспериментальных исследований
- Основные процессы и техника защиты окружающей среды

Результаты освоения учебной дисциплины в дальнейшем будут использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

2. ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Целями изучения дисциплины «Основы моделирования технологических процессов и аппаратов» 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-1.2 ИД-ОПК-1.3 ИД-ОПК-2.2 ИД-ОПК-4.1 ИД-ОПК-4.2 ИД-ПК-1.1 ИД-ПК-1.2
ИД-ПК-5.2 ИД-ПК-4.2 ИД-ПК-4.3

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|--|---|
| ОПК-1.Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека; | ИД-ОПК-1.2 Решение типовых задач в области техносферной безопасности с учетом современных информационных технологий ИД-ОПК-1.3 Применение современной измерительной и вычислительной техники при решении задач в области защиты окружающей среды и обеспечением безопасности человека | <ul style="list-style-type: none"> – Знает основные понятия и принципы математического моделирования; – Применяет современную вычислительную технику для моделирования технологических процессов и аппаратов; – Проектирует и моделирует системы охраны окружающей среды 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 |
| ОПК-2.Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления; | ИД-ОПК-2.1 Проведение инженерно-технических расчетов с учетом теории надежности и анализа риска ИД-ОПК-2.2 Проектирование систем обеспечения безопасности и охраны окружающей среды | |
| ОПК-4.Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | ИД-ОПК-4.1 Инженерное проектирование с использованием современных САПР ИД-ОПК-4.2 Решение задач моделирования технологических процессов и аппаратов с использованием специализированного программного обеспечения | |
| ПК-1. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, основные законы химии и методы химического анализа, основные законы экологии и природопользования, теоретического и | ИД-ПК-1.1 Применение математического аппарата для решения задач техносферной безопасности | |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| экспериментального исследования при решении профессиональных задач | | |
| ПК-4. Способен проектировать и конструировать аппараты защиты техносферы | ИД-ПК-4.2 Проектирование и компьютерное моделирование аппаратов защиты техносферы ИД-ПК-4.3 Анализ результатов моделирования аппаратов с целью оптимизации конструкции | |
| ПК-5. Способен проводить научные исследования по отдельным темам (разделам тем) в области профессиональной деятельности | ИД-ПК-5.2 Планирование проведения экспериментальных исследований | |

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость учебной дисциплины по учебному плану составляет:

| | | | | |
|----------------------------------|---|------|-----|------|
| <i>по очной форме обучения –</i> | 5 | з.е. | 160 | 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 | 96 | 34 | | 16 | | | 46 | |
| 8 семестр | Зачет с оценкой | 64 | 24 | | 24 | | | 16 | |
| Всего: | Зачет с оценкой | 160 | 58 | | 40 | | | 62 | |

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 | | | | | | | |
| <i>ОПК1:</i> | Раздел I. Общие понятия моделирования | x | x | x | x | 15 | Формы текущего контроля по разделу I: 1. Коллоквиум 2. Выполнение индивидуальных практических заданий |
| <i>ИД-ОПК-1.2</i> <i>ИД-ОПК-1.3</i> | Тема 1.1 Понятия о моделях и моделировании. | 4 | | | | X | |
| <i>ОПК-2:</i> <i>ИД-ОПК-2.2</i> <i>ИД-ОПК-2.2</i> | Тема 1.2 Математические модели и их классификация | 4 | | | | X | |
| <i>ОПК-4:</i> <i>ИД-ОПК-4.1</i> <i>ИД-ОПК-4.2</i> | Тема 1.3 Этапы математического моделирования | 4 | | | | X | Формы текущего контроля по разделу II и III: 1. Тестирование 2. Выполнение индивидуальных практических заданий |
| <i>ПК-1:</i> <i>ИД-ПК-1.1</i> <i>ИД-ПК-1.2</i> | Раздел II. Основы численного моделирования Тема 2.1 Понятие о дискретном аналоге математической модели | | 2 | | | | |
| <i>ПК-5:</i> <i>ИД-ПК-5.2</i> | Тема 2.2 Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения задачи Коши. | 4 | | | | | |
| <i>ПК-4:</i> <i>ИД-ПК-4.2</i> <i>ИД-ПК-4.3</i> | Тема 2.3. Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения краевой задачи. | 4 | | | | | |
| | Лабораторная работа № 2.1 Построение геометрических моделей с использованием свободного программного обеспечения. Знакомство с программой | | | 2 | | | |
| | 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 | |

| 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 | | |
| | Тема 3.1 Концепция метода конечных элементов | 4 | | | | х | |
| | Тема 3.2 Концепция метода конечных объемов | 6 | | | | | |
| | Лабораторная работа № 3.1 Компьютерное моделирование обтекания тел простой формы под разными углами к набегающему потоку | | | 6 | | | |
| | <i>Зачет с оценкой</i> | х | х | х | х | х | <i>Зачет с оценкой</i> |
| | ИТОГО за 7 семестр | 34 | | 16 | | 46 | |
| Восьмой семестр | | | | | | | |
| <i>ОПК1:</i> <i>ИД-ОПК-1.2</i> <i>ИД-ОПК-1.3</i> <i>ОПК-2:</i> <i>ИД-ОПК-2.2</i> <i>ОПК-4:</i> <i>ИД-ОПК-4.1</i> <i>ИД-ОПК-4.2</i> <i>ПК-1:</i> <i>ИД-ПК-1.1</i> <i>ИД-ПК-1.2</i> <i>ПК-5:</i> <i>ИД-ПК-5.2</i> <i>ПК-4:</i> <i>ИД-ПК-4.2</i> <i>ИД-ПК-4.3</i> | 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 Теплопроводность | 4 | | | | | |
| | 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 | | | |

| 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 № 4.3 Анализ и обработка результатов моделирования гидродинамики закрученных потоков | | | 6 | | | |
| | Лабораторная работа № 4.4 Компьютерное моделирование поведения твердых частиц в потоке газа | | | 6 | | | |
| | <i>Зачет с оценкой н</i> | х | х | х | х | х | <i>Зачет с оценкой</i> |
| | ИТОГО за 8 семестр | 24 | | 24 | | 16 | |
| | ИТОГО за весь период | 58 | | 40 | | 62 | |

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 источникового 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. Поточный 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 | 15 |
| 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 | 15 |
| 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, тестирование, выполнение индивидуальных заданий | 16 |
| Тема 3.2 | Концепция метода конечных объемов | | | |

| 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) | обще профессиональной(-ых) компетенций | профессиональной(-ых) компетенции(-й) |
| | | | | <i>ОПК-1:</i> <i>ИД-ОПК-1.2</i> <i>ИД-ОПК-1.3</i> <i>ОПК-2:</i> <i>ИД-ОПК-2.2</i> <i>ОПК-4:</i> <i>ИД-ОПК-4.1</i> <i>ИД-ОПК-4.2</i> | <i>ПК-1:</i> <i>ИД-ПК-1.1</i> <i>ИД-ПК-1.2</i> <i>ПК-5:</i> <i>ИД-ПК-5.2</i> <i>ПК-4:</i> <i>ИД-ПК-4.2</i> <i>ИД-ПК-4.3</i> |
| высокий | 85 – 100 | отлично | <p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 системы охраны окружающей среды с использованием современных САПР, в том числе с открытым исходным кодом – Умеет идентифицировать сложные процессы и подбирать их математические модели | <ul style="list-style-type: none"> – 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 систем охраны окружающей среды с применением специального | |

| | | | | | |
|------------|---------|-------------------|---|---|---|
| | | | | | программного обеспечения, в том числе с открытым исходным кодом |
| повышенный | 65 – 84 | хорошо | | <p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 систем охраны окружающей среды с использованием современных САПР, в том числе с открытым исходным кодом – Умеет идентифицировать усложнённые процессы и подбирать их физические и математические модели; | <ul style="list-style-type: none"> – 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 систем охраны окружающей среды с применением специального программного обеспечения, в том числе с открытым исходным кодом |
| базовый | 41 – 64 | удовлетворительно | – | <p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Знает на удовлетворительном уровне только общие понятия и принципы математического и компьютерного моделирования; | <ul style="list-style-type: none"> – Знает на удовлетворительном уровне основы численного и компьютерного моделирования технологических процессов и аппаратов, допускает значительные |

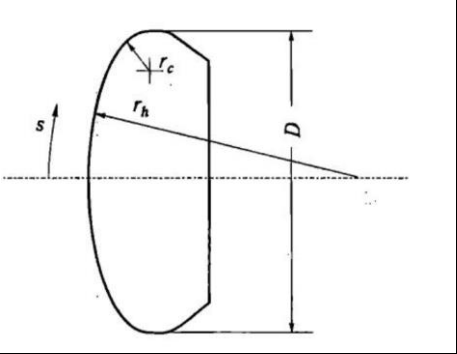
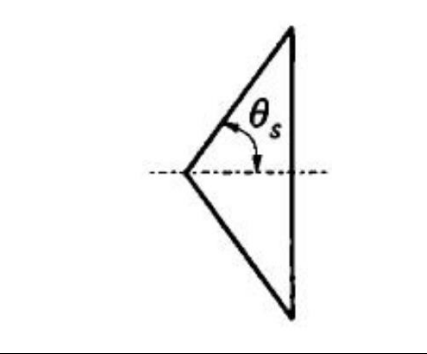
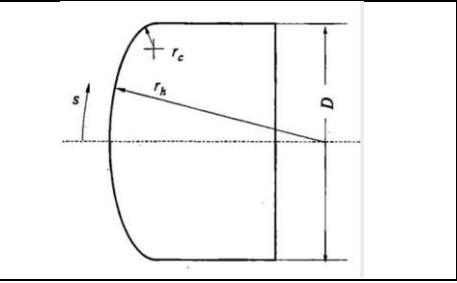
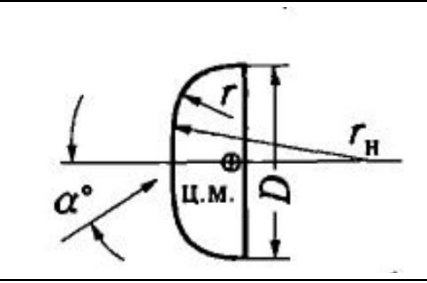
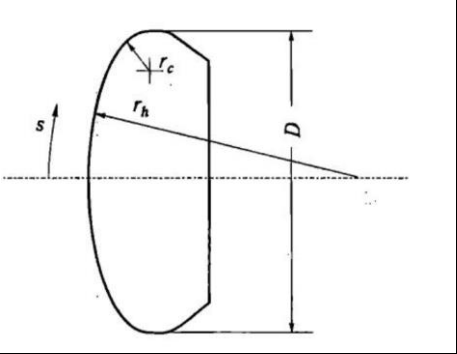
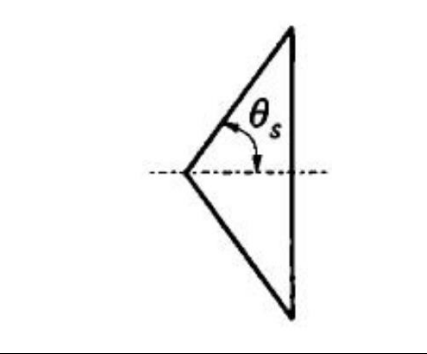
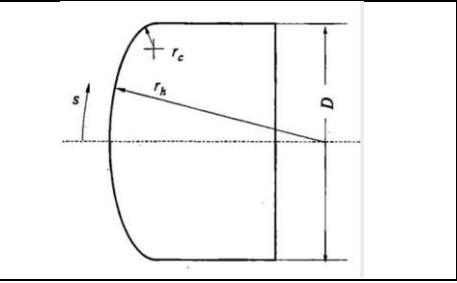
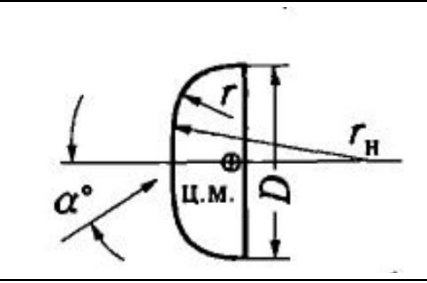
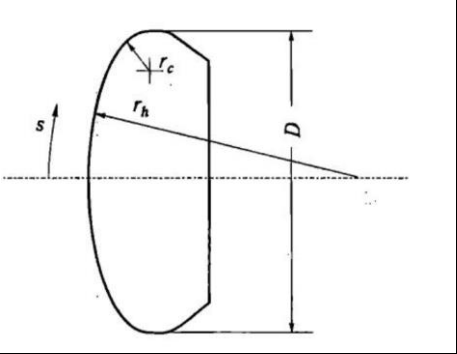
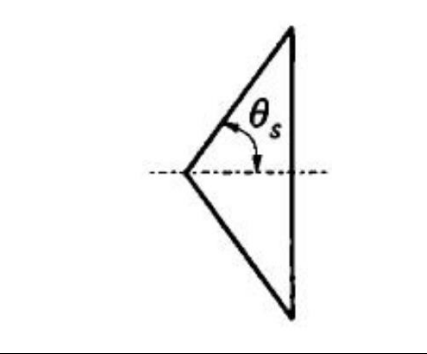
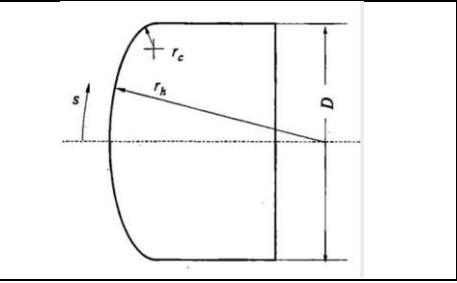
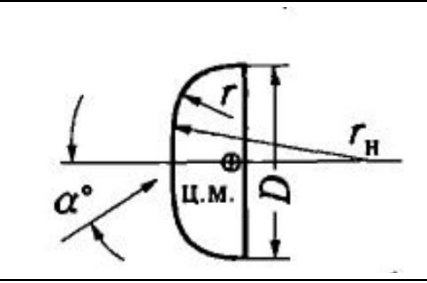
| | | | | | |
|--------|--------|---------------------|--|--|---|
| | | | | <ul style="list-style-type: none"> – Может называть некоторую современную вычислительную технику и информационно-коммуникационные технологии для моделирования технологических процессов и аппаратов; – Понимает некоторые общие основы проектирования систем охраны окружающей среды с использованием современных САПР, в том числе с открытым исходным кодом – Умеет идентифицировать типовые процессы и подбирать их физические и математические модели; | <p>ошибки при использовании знаний на практике</p> <ul style="list-style-type: none"> – Применяет математический аппарат и теоретические основы 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 систем охраны окружающей среды с применением специального программного обеспечения |
| низкий | 0 – 40 | неудовлетворительно | Обучающийся: <ul style="list-style-type: none"> – 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 | Формируемые компетенции |
|------|--|---|--|
| | 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? | <i>ПК-1:</i> <i>ИД-ПК-1.1</i> <i>ИД-ПК-1.2</i> <i>ПК-5:</i> <i>ИД-ПК-5.2</i> <i>ПК-4:</i> <i>ИД-ПК-4.2</i> <i>ИД-ПК-4.3</i> |
| | 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 | <i>ПК-1:</i> <i>ИД-ПК-1.1</i> <i>ИД-ПК-1.2</i> <i>ПК-5:</i> <i>ИД-ПК-5.2</i> <i>ПК-4:</i> <i>ИД-ПК-4.2</i> <i>ИД-ПК-4.3</i> |

| № пп | Формы текущего контроля | Примеры типовых заданий | Формируемые компетенции | | | | | | | | |
|------|---|--|--|--|---|---|---|---|---|--|--|
| | Индивидуальные практические задания к лабораторным работам | <p style="text-align: center;"><u>Семестр № 7</u></p> <p><u>Лабораторная работа № 2.1.</u> Построение геометрической модели объекта простой формы с использованием свободного программного обеспечения Salome. Примеры объектов:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 5%;">1</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center; width: 5%;">3</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table> <p><u>Лабораторная работа № 2.2.</u> Знакомство с программным обеспечением для математического моделирования. Расчет обтекания воздухом объекта простой формы (ЛР 2.1).</p> <p><u>Лабораторная работа № 2.3.</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.</p> | 1 |  | 3 |  | 2 |  | 4 |  | <p><i>ОПК1:</i> ИД-ОПК-1.2 ИД-ОПК-1.3 <i>ОПК-2:</i> ИД-ОПК-2.2 ИД-ОПК-2.2 <i>ОПК-4:</i> ИД-ОПК-4.1 ИД-ОПК-4.2 <i>ПК-1:</i> ИД-ПК-1.1 ИД-ПК-1.2 <i>ПК-5:</i> ИД-ПК-5.2 <i>ПК-4:</i> ИД-ПК-4.2 ИД-ПК-4.3</p> |
| 1 |  | 3 |  | | | | | | | | |
| 2 |  | 4 |  | | | | | | | | |

| № пп | Формы текущего контроля | Примеры типовых заданий | Формируемые компетенции |
|---------|-------------------------------|--|----------------------------|
| | | <p><u>Лабораторная работа № 3.1</u> Расчет обтекания воздухом 3-мерного объекта простой формы (задание к ЛР 2.1) под разными углами к набегающему потоку и анализ результатов расчетов</p> <p style="text-align: center;"><u>Семестр № 8</u></p> <p><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</p> <p><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</p> <p><u>Лабораторная работа 4.3</u> Расчет движения частиц пыли в аппарате пылеочистки в соответствии с индивидуальным заданием Примеры заданий: 1. Тип пыли Подмосковный уголь Б, тип топки — с механической цепной решеткой, плотность 1430 кг/м³, концентрация на входе в аппарат 2. Тип пыли Подмосковный уголь Б, тип топки — ПМЗ с неподвижной решеткой, плотность 1400 кг/м³, концентрация на входе в аппарат 3. Тип пыли Воркутинский уголь ПЖ, тип топки — ПМЗ с неподвижной решеткой, плотность 1350 кг/м³, концентрация на входе в аппарат</p> <p><u>Лабораторная работа № 4.4</u> Анализ и обработка результатов расчетов, полученных в ЛР 4.2 и 4.3. Вывод полученных результатов. Составление отчета.</p> | |

| № пп | Формы текущего контроля | Примеры типовых заданий | Формируемые компетенции |
|------|---|--|-------------------------|
| | 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 |

| 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. | 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, но и на другие вопросы темы. | 0-7 баллов | 2 |
| | 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 | 21-30 баллов | 5 |

| Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия) | Критерии оценивания | Шкалы оценивания | |
|--|--|----------------------|----------------------|
| | | 100-балльная система | Пятибалльная система |
| | 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 | | |
| | 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 |
| | 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 | |
| <i>Тест</i> | За выполнение каждого тестового задания испытуемому выставляются баллы. | 8 – 10 баллов | 5 85% - 100% |

| Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия) | Критерии оценивания | Шкалы оценивания | | |
|--|--|----------------------|----------------------|--------------------|
| | | 100-балльная система | Пятибалльная система | |
| | Номинальная шкала оценивания. За правильный ответ к каждому заданию выставляется 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. | 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 |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие существуют виды моделирования? 2. Принципы создания физических и математических моделей. 3. Основные этапы моделирования |
| | Билет N 2 |
| Зачет с оценкой 8 семестр | <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие виды концептуальных моделей вы знаете? 2. Назовите элементы обобщенной математической модели 3. По каким классификационным признакам можно подразделять модели? |
| | Билет N 3 |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое математическая модель и математическое моделирование? 2. Основы метода наименьших квадратов. 3. Метод прогонки для решения систем линейных уравнений с трехдиагональной матрицей |
| | Экзаменационный билет N 1 |

| | |
|---------------------------|---|
| в устной форме по билетам | <p>1. Уравнение движения несжимаемой жидкости. 2. Основы метода конечных элементов. 3. Основные этапы моделирования</p> <p style="text-align: center;">Экзаменационный билет N 2</p> <p>1. Стационарная одномерная теплопроводность. 2. Уравнение неразрывности. Уравнения движения. 3. Детерминистские и стохастические модели.</p> <p style="text-align: center;">Экзаменационный билет N 3</p> <p>1. Классификация методов расчета турбулентных течений. 2. Основное уравнение теплопроводности. Линеаризация источникового члена 3. Область применения математического моделирования.</p> |
|---------------------------|---|

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: | 12 – 23баллов | 4 зачтено |

| Форма промежуточной аттестации | Критерии оценивания | Шкалы оценивания | |
|----------------------------------|--|----------------------|----------------------|
| Наименование оценочного средства | | 100-балльная система | Пятибалльная система |
| | <ul style="list-style-type: none"> – 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; <p>В ответе раскрыто, в основном, содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы.</p> | | |
| | <p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 представляемого материала, представления о межпредметных связях слабые. <p>Содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные и дополнительные вопросы билета, ответ носит репродуктивный характер.</p> | 6 – 11баллов | 3 зачтено |
| | <p>Обучающийся, обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки при ответе на вопросы.</p> <p>На большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.</p> | 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. | «Znaniyum.com» научно-издательского центра «Инфра-М» http://znaniyum.com/ |
| 2. | Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znaniyum.com» http://znaniyum.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 18.10.2013г |
| 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 |
|-------------|-----------------------------------|--|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |