|  |  |
| --- | --- |
| 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 № 10 от 14.06.2021 г. | | | |
| Разработчик(и) рабочей программы учебной дисциплины: | | | |
|  | канд. техн. наук, доцент | Е. С. Бородина | | |
|  | канд. техн. наук, доцент | О. И. Седляров | | |
| Заведующий кафедрой: | | канд. техн. наук, доцент О. И. Седляров |

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

* + - 1. Учебная дисциплина «Основы моделирования технологических процессов и аппаратов» изучается в седьмом и восьмом семестрах.
      2. Курсовая работа/Курсовой проект – не предусмотрен(а)

## Форма промежуточной аттестации:

Седьмой семестр — зачет

Восьмой семестр — экзамен

Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

* + - 1. Учебная дисциплина «Основы моделирования технологических процессов и аппаратов» относится к обязательной части программы.
      2. 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
    - Основы имитационного моделирования
      1. Результаты освоения учебной дисциплины в дальнейшем будут использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

# ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

* + - 1. 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;
      1. 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.

## 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 | * 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-2.2 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 аппартов 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 экспериментального исследования при решении профессиональных задач | ИД-ПК-1.1 Применение математического аппарата для решения задач техносферной безопасности  ИД-ПК-1.2 Применение теоретических основ физики при решении прикладных задач техносферной безопасности |
| 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 |

# СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

* + - 1. Общая трудоёмкость учебной дисциплины по учебному плану составляет:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *по очной форме обучения –* | *5* | **з.е.** | *180* | **час.** |

## 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 | *72* | *32* |  | *16* |  |  | *24* |  |
| *8 семестр* | Экзамен | *108* | *24* |  | 24 |  |  | *33* | *27* |
| Всего: | Экзамен | 180 | 56 |  | 40 |  |  | 57 | 27 |



## 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** | | | | | | | |
| *ОПК1:*  *ИД-ОПК-1.2*  *ИД-ОПК-1.3*  *ОПК-2:*  *ИД-ОПК-2.2*  *ОПК-4:*  *ИД-ОПК-4.1*  *ИД-ОПК-4.2*  *ПК-1:*  *ИД-ПК-1.1*  *ИД-ПК-1.2*  *ПК-5:*  *ИД-ПК-5.2*  *ПК-4:*  *ИД-ПК-4.2*  *ИД-ПК-4.3* | **Раздел I. Общие понятия моделирования** | х | х | х | х | 8 | |  |
| 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 | |
| **Раздел II. Основы численного моделирования** |  |  |  |  | 8 | | Формы текущего контроля  по разделу II и III:  1. Тестирование  2. Выполнение индивидуальных практических заданий |
| Тема 2.1  Понятие о дискретном аналоге математической модели | *2* |  |  |  |  | |
| 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* |  |  |  |  | |
| Лабораторная работа № 2.1  Построение геометрических моделей с использованием свободного программного обеспечения. Знакомство с программой |  |  | *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** | х | х | х | х | *8* | |  |
| 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 |  |  | *4* |  |  | |
|  | *Зачет* | х | х | х | х | х | | Зачет |
|  | **ИТОГО за 5 семестр** | **32** |  | ***16*** |  | ***24*** | |  |
|  | **Восьмой семестр** | | | | | | | |
| *ОПК1:*  *ИД-ОПК-1.2*  *ИД-ОПК-1.3*  *ОПК-2:*  *ИД-ОПК-2.2*  *ОПК-4:*  *ИД-ОПК-4.1*  *ИД-ОПК-4.2*  *ПК-1:*  *ИД-ПК-1.1*  *ИД-ПК-1.2*  *ПК-5:*  *ИД-ПК-5.2*  *ПК-4:*  *ИД-ПК-4.2*  *ИД-ПК-4.3* | **Раздел IV. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости** |  |  |  |  | ***33*** | | 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* |  |  | |
| Лабораторная работа № 4.3  *А*нализ и обработка результатов моделирования гидродинамики закрученных потоков |  |  | 6 |  |  | |
| Лабораторная работа № 4.4  Компьютерное моделирование поведения твердых частиц в потоке газа |  |  | 6 |  |  | |
|  | *Экзамен* | х | х | х | х | *27* | | Экзамен |
|  | **ИТОГО за 6 семестр** | **24** |  | ***24*** |  | ***60*** | |  |
|  | **ИТОГО за весь период** | **56** |  | **40** |  | **84** | |  |

## 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. 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 пристеных течений (на примере модели Себеси-Смита). Модель Болдуина-Ломакса. Дифференциальные модели турбулентности. Модели с одним дифференциальным уравнением. Модель Спаларта-Аллмареса. Модель Секундова νt—92. Модели с двумя дифференциальными уравнениями. Модели типа k-ε. Модели типа k-ω. Модель Ментера SST. Модели рейнольдсовых напряжений. Поправки к моделям турбулентности |

## 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 | ***8*** |
| 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 | ***8*** |
| 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 | ***8*** |
| 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 | ***33*** |
| 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. |  |  |

## Применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

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

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

## 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)** | **общепрофессиональной(-ых) компетенций** | **профессиональной(-ых)**  **компетенции(-й)** |
|  | *ОПК1:*  *ИД-ОПК-1.2*  *ИД-ОПК-1.3*  *ОПК-2:*  *ИД-ОПК-2.2*  *ОПК-4:*  *ИД-ОПК-4.1*  *ИД-ОПК-4.2* | *ПК-1:*  *ИД-ПК-1.1*  *ИД-ПК-1.2*  *ПК-5:*  *ИД-ПК-5.2*  *ПК-4:*  *ИД-ПК-4.2*  *ИД-ПК-4.3* |
| 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 системы охраны окружающей среды 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 систем охраны окружающей среды 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 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; | * 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 |  | 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 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; | * 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 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:   * 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. | | |

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

* + - 1. 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.

## Формы текущего контроля успеваемости, примеры типовых заданий:

| **№ пп** | **Формы текущего контроля** | * + - 1. **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 | *Семестр № 7*  *Лабораторная работа № 2.1.*  Построение геометрической модели объекта простой формы с использованием свободного программного обеспечения Salome.  Примеры объектов:   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 1 |  | 3 |  | | 2 |  | 4 |  |   *Лабораторная работа № 2.2.*  Знакомство с программным обеспечением для математического моделирования.  Расчет обтекания воздухом объекта простой формы (ЛР 2.1).  *Лабораторная работа № 2.3.*  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.  *Лабораторная работа № 3.1*  Расчет обтекания воздухом 3-мерного объекта простой формы (задание к ЛР 2.1) под разными углами к набегающему потоку и анализ результатов расчетов  *Семестр № 8*  *Лабораторная работа № 4.1*  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  *Лабораторная работа № 4.2*  Расчет гидродинамики потоков в аппарате пылеочистки в соответствии с индивидуальным заданием (ЛР 4.1) с использованием специального программного обеспечения  *Лабораторная работа 4.3*  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  *Лабораторная работа № 4.4*  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 |

## 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, 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 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 | |
| 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 выставляются баллы.  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. | *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%* |

## Промежуточная аттестация:

|  |  |
| --- | --- |
| **Форма промежуточной аттестации** | **Типовые контрольные задания и иные материалы**  **для проведения промежуточной аттестации:** |
| Зачет 7 семестр  в устной форме по билетам | **Билет N 1**  1. Какие существуют виды моделирования?  2. Принципы создания физических и математических моделей.  **Билет N 2**   1. Какие виды концептуальных моделей вы знаете? 2. Назовите элементы обобщенной математической модели   **Билет N 3**  1. Что такое математическая модель и математическое моделирование?  2. Основы метода наименьших квадратов. |
| Экзамен 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. |

## Критерии, шкалы оценивания промежуточной аттестации учебной дисциплины/модуля:

| **Форма промежуточной аттестации** | **Критерии оценивания** | **Шкалы оценивания** | |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование оценочного средства** | **100-балльная система** | **Пятибалльная система** |
| Экзамен:  в устной форме по билетам.  Распределение баллов по вопросам билета:  1-й вопрос: 0 – 10баллов  2-й вопрос: 0 – 10 баллов  3-й вопрос (задача): 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 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. | 6 – 11баллов | 3  зачтено |
| 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 |
| Зачет:  устный опрос | Обучающийся знает основные определения, последователен в изложении материала, демонстрирует базовые знания дисциплины, владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий. | 12 – 30 баллов | зачтено |
| Обучающийся не знает основных определений, непоследователен и сбивчив в изложении материала, не обладает определенной системой знаний по дисциплине, не в полной мере владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий. | 0 – 11 баллов | не зачтено |

## 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  удовлетворительно  неудовлетворительно |
| **Итого за семестр**  экзамен | 0 - 100 баллов |

**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  удовлетворительно  неудовлетворительно |
| **Итого за семестр**  экзамен | 0 - 100 баллов |

* + - 1. 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 | |

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

* + - 1. 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).

# ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

* + - 1. 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.
      2. .

# ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

* + - 1. 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.
      2. При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса лицам с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения.
      3. Учебные и контрольно-измерительные материалы представляются в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями с учетом нозологических групп инвалидов:
      4. Для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.
      5. 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.).
      6. 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.
      7. 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.

# МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

* + - 1. Характеристика материально-технического обеспечения дисциплины составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО.
      2. 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 180х180, - 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.

# 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., Бородина Е.С. | Практикум. Теория и практика экспериментальных исследований. | *УП* | | М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» | 2021 |  | 20 |
| 2 | Тюрин М.П., Бородина 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 | | М.:МГУДТ | 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 |

# ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

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

|  |  |
| --- | --- |
| **№ пп** | **Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы** |
|  | «Znanium.com» научно-издательского центра «Инфра-М»  <http://znanium.com/> |
|  | Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» <http://znanium.com/> |
|  | «ЭБС ЮРАЙТ»[www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru) |
|  | О предоставлении доступа к информационно-аналитической системе SCIENCE INDEX (включенного в научный информационный ресурс elibrary.ru) https://www.elibrary.ru/ |
|  | ЭБС «Лань» <http://www.e.lanbook.com/> |
|  | ООО «Национальная электронная библиотека» (НЭБ) [http://нэб.рф/](http://xn--90ax2c.xn--p1ai/)  Договор № 101/НЭБ/0486 – пот 21.09.2018 г. |
|  | Научная электронная библиотека еLIBRARY.RU <http://www.elibrary.ru/>  Лицензионное соглашение № 8076 от 20.02.2013 г. |
|  | НЭИКОН <http://www.neicon.ru/> Соглашение №ДС-884-2013 от18.10.2013г |
|  | **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы** |
|  | «Polpred.com Обзор СМИ» <http://www.polpred.com>  Соглашение № 2014 от 29.10.2016 г. |
|  | Web of Science <http://webofknowledge.com/>  Сублицензионный договор № wos/917 на безвозмездное оказание услуг от 02.04.2018 г. |
|  | Scopus <http://www>. Scopus.com/  Сублицензионный Договор № Scopus /917 от 09.01.2018 г. |
|  | «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. |
|  | [http://arxiv.org](http://arxiv.org/) — база данных полнотекстовых электронных публикаций научных статей по физике, математике, информатике |
|  | [http://www.garant.ru/](http://www.garant.ru/%20) - Справочно-правовая система (СПС)«Гарант», комплексная правовая поддержка пользователей по законодательству Российской Федерации |
|  | <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/databases/> -базы данных на Едином Интернет-портале Росстата |

## Перечень программного обеспечения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Программное обеспечение** | **Реквизиты подтверждающего документа/Свободно распространяемое** |
|  | Windows 10 Pro, MS Office 2019 | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | PrototypingSketchUp: 3D modeling for everyone | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | V-Ray для 3Ds Max | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | NeuroSolutions | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | WolframMathematica | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Microsoft VisualStudio | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | CorelDRAWGraphicsSuite 2018 | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Mathcad | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Matlab+Simulink | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019. |
|  | 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 |
|  | SolidWorks | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Rhinoceros | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | Simplify 3D | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | FontLаb VI Academic | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | PinnacleStudio 18 Ultimate | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | КОМПАС-3d-V 18 | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | ProjectExpert 7 Standart | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | Альт-Финансы | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | Альт-Инвест | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | Программа для подготовки тестов Indigo | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
|  | AutodeskAutoCAD 2021 для учебных заведений, подписка к бессрочной лицензии | Договор #110003456652 от 18 февр. 2021 г.  Распространяется свободно для аккредитованных учебных заведений |
|  | LibreOffice GNU Lesser General Public License | Свободно распространяемое |
|  | ScilabCeCILL (свободная, совместимая с GNU GPL v2) | Свободно распространяемое |
|  | Linux Ubuntu GNU GPL | Свободно распространяемое |
|  | FDS-SMV free and open-source software | Свободно распространяемое |
|  | AnyLogic Personal Learning Edition | Свободно распространяемое |
|  | Helyx-OS GNU General Public License | Свободно распространяемое |
|  | OpenFoam v.4.0 GNU General Public License | Свободно распространяемое |
|  | DraftSight 2018 SP3 Автономная бесплатная лицензия | Свободно распространяемое |
|  | GNU Octave GNU General Public License | Свободно распространяемое |

### ЛИСТ УЧЕТА ОБНОВЛЕНИЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫУЧЕБНОЙ 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** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |