



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института энергетики и
автоматизированных систем

С.И. Лукьянов

«28» 09 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОГАЗОДИНАМИКИ
И ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль программы

Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

Очная

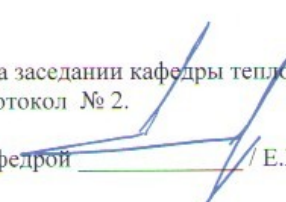
Институт
Кафедра
Курс
Семестр

Энергетики и автоматизированных систем
Теплотехнических и энергетических систем
3
5

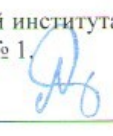
Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 01.10.2015 № 1081.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехнических и энергетических систем «25» сентября 2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой  / Е.Б. Агапитов /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов /

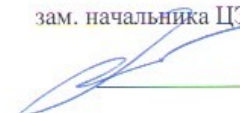
Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ТиЭС, к.т.н.

 / Е.Г. Нешпоренко /

Рецензент:

зам. начальника ЦЭСТ-ПАО «ММК», к.т.н.

 / В.Н. Михайловский /

[illegible][illegible]

1 Цели освоении дисциплины

Целями освоения дисциплины «Моделирование процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса» получение навыков студентами направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника профиля «Энергообеспечение предприятий» в основах методов моделирования, решения уравнений математической физики, используемых для описания процессов теплообмена, движения жидкости и газов.

2 Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Курс Б1.В.ДВ.02.01 «Моделирование процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса» относится к дисциплинам профессионального цикла, вариативная часть.

Успешное усвоение материала предполагает знание студентами основных положений следующих дисциплин: Б1.Б.10 Физика (молекулярная физика, термодинамика, идеальные и реальные газы, водяной пар, фазовые диаграммы); Б1.Б.11 Общая и неорганическая химия (химическая термодинамика, химическое и фазовое равновесие), Б1.Б.13 Информатика, Б1.Б.16 Техническая термодинамика (основные физические свойства жидкостей и газов, подобие гидромеханических процессов, уравнение движения вязкой жидкости, режимы движения, пограничный слой), Б1.Б.17 Гидрогазодинамика, Б1.Б.19 Тепломассообмен.

Материал дисциплины базируется на ранее изученном материале комплекса общеобразовательных и специальных дисциплин, который обеспечивает формирование требуемого уровня компетенции обучающегося и подготовки бакалавров по направлению теплоэнергетика и теплотехника.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Моделирование процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса» студент должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-2.Способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания.	
Знать	Базовые знания в области естественнонаучных дисциплин; Основные проблемы естественнонаучных дисциплин; Основные методы решения проблем естественнонаучных дисциплин;
Уметь:	Выбрать методики базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин; Грамотно поставить задачу, подобрать методику исследования и решения поставленной проблемы; Грамотно поставить задачу, подобрать методику исследования и решения поставленной проблемы и решить её разными способами;
Владеть:	Навыками проведения анализа поставленной задачи; Навыками проведения анализа поставленной задачи, выбора методики решения поставленной задачи; Навыками проведения анализа поставленной задачи, выбора методики решения поставленной задачи и решить её разными способами;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-4.Способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.	
Знать	Основу теории экспериментальных исследований; Основные методы моделирования и планирования экспериментальных исследований; Основные методы моделирования и планирования экспериментальных исследований и порядок их проведения;
Уметь	Выделить цель исследований; Выделить цель исследований, применить один из методов для решения поставленной задачи; Выделить цель исследований, применить любой из методов математического аппарата для решения поставленной задачи;
Владеть:	Навыками проведения анализа исходных параметров моделируемой системы; Навыками проведения анализа исходных параметров моделируемой системы, выбора факторов, определяющих параметров; Навыками проведения анализа исходных параметров моделируемой системы, выбора факторов, определяющих параметров, проводить моделирование и обработку результатов исследований;

4 Структура и содержание дисциплины (модуля) для очной формы обучения

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы – 72 акад. часа в том числе:

контактная работа – 37 акад. часов:

–аудиторная – 36 акад. часов;

–внеаудиторная – 1 акад. час.

самостоятельная работа – 35 акад. часов.

Раздел дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия				
1. Понятие математической модели и общие принципы и этапы ее построения. Понятие математической модели и общие принципы, этапы ее построения. Решение задачи.	5	2	2	5	Самостоятельное изучение учебной литературы по вопросу 1-2 раздела 6; подготовка к лабораторн	Конспект лекций, отчет по Л.Р. №1	ОПК-2 зув

Раздел дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия				
Численные методы. История прикладной математики.					ой работе		
2. Вычислительный эксперимент и адекватность моделей.	5	2	2/2И	5	Самостоятельное изучение учебной литературы по вопросу 3-5 раздела 6	Конспект лекций, отчет по Л.Р. №2	ОПК-2 ПК-4 зுவ
3. Применение численных методов для анализа и расчета тепломассообменных и гидродинамических процессов. Интерполирование. Линейная интерполяция. Применения интерполяции. Сходимость интерполяции. Нелинейная интерполяция. Интерполяция сплайнами. Многомерная интерполяция	5	2	2/2И	5	Самостоятельное изучение учебной литературы по вопросу 6-7 раздела 6; подготовка к лабораторной работе	Конспект лекций, отчет по Л.Р. №3	ОПК-2 ПК-4 зுவ
4. Численное решение алгебраических, трансцендентных и дифференциальных уравнений процессов гидрогазодинамики и	5	4	4	5	Самостоятельное изучение учебной литературы по вопросу 8-9 раздела 6; подготовка к лабораторной	Конспект лекций, отчет по Л.Р. №4	ОПК-2 ПК-4 зுவ

Раздел дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия				
теплообмен					ой работе		
5. Численное дифференцирование. Полиномиальные формулы процесса в гидродинамике и теплообмене.	5	2	2/2И	5	Самостоятельное изучение учебной литературы по вопросу 10-11 раздела 6; подготовка к лабораторной работе	Конспект лекций, отчет по Л.Р. №5	ОПК-2 ПК-4 зуб
6. Численное интегрирование. Полиномиальная аппроксимация. Постановка задачи. Метод статистических испытаний. Случайные величины. Разыгрывание случайной величины. Вычисление интеграла. Уменьшение дисперсии.	5	2	2	5	Самостоятельное изучение учебной литературы по вопросу 12-13 раздела 6; подготовка к лабораторной работе	Конспект лекций, отчет по Л.Р. №6	ОПК-2 ПК-4 зуб
7. Применение электронных таблиц для решения инженерных задач численными методами.	5	4	4	5	Самостоятельное изучение учебной литературы по вопросу 14-15 раздела 6; подготовка к лабораторной работе	Конспект лекций	ОПК-2 ПК-4 зуб

Раздел дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия				
Итого	5	18	18/6И	35		Зачет	

Содержание лабораторных работ дисциплины

1. Математическая модель работы теплообменного аппарата.
2. Вычислительный эксперимент «Работа теплообменного аппарата», адекватность модели теплообменного аппарата.
3. Применение численных методов для анализа и расчета тепломассообменных и гидродинамических процессов.
4. Численное решение дифференциальных уравнений теплообмена.
5. Численное интегрирование уравнений гидрогазодинамики.
6. Применение электронных таблиц для решения инженерных задач процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса.

5 Образовательные и информационные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Моделирование процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, и тестированию.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

1. Понятие математической модели и общие принципы, этапы ее построения.
2. Структура погрешности. Корректность
3. Вычислительный эксперимент и адекватность моделей. Интерполирование.
4. Линейная интерполяция. Интерполяционный многочлен Ньютона. Погрешность многочлена Ньютона. Применения интерполяции.
5. Интерполяция сплайнами. Монотонная интерполяция.
6. Применение численных методов для анализа и расчета тепломассообменных и процессов
7. Численное решение алгебраических, трансцендентных и дифференциальных уравнений.

8. Сходимость интерполяции.
9. Численное дифференцирование. Полиномиальные формулы.
10. Квазиравномерные сетки. Быстропеременные функции. Регуляризация дифференцирования
11. Численное интегрирование. Полиномиальная аппроксимация.
12. Формулы Гаусса-Кристоффеля. Формулы Маркова
13. Последовательное интегрирование. Метод статистических испытаний
14. Случайные величины. Разыгрывание случайной величины. Вычисление интеграла.
15. Применение электронных таблиц для решения инженерных задач численными методами

Тест 1:

Какие матрицы можно перемножить?

Варианты ответов:

1. Матрицы с равным числом строк.
2. Матрицы с равным числом столбцов.
3. Сцепленные матрицы, у которых число столбцов первой матрицы равно числу строк второй матрицы.

Тест 2:

Что такое ранг матрицы $r(A)$?

Варианты ответов:

1. Число строк матрицы.
2. Число столбцов матрицы.
3. Максимальное число линейно-независимых столбцов (или строк) матрицы.

Тест 3:

Для каких матриц можно вычислить обратную матрицу?

Варианты ответов:

1. Для диагональных.
2. Для квадратных.
3. Для прямоугольных.
4. Для разреженных.

Тест 4:

Какие задачи называются обратными?

Варианты ответов:

1. Определение причины по следствию.
2. Определение следствия по причине.

Тест 5:

Условия корректно поставленной вычислительной задачи?

Варианты ответов:

1. Решение существует + решение единственное (однозначное)+решение устойчивое.
2. Решение существует + решение единственное (однозначное)+решение состоятельное.
3. Решение существует + решение множественное + решение состоятельное.

Тест 6:

Условие существования и единственности решения СЛАУ?

Варианты ответов:

1. Свободные члены уравнений равны нулю.
2. Ранг матрицы коэффициентов равен рангу расширенной матрицы системы.

3. Число уравнений равно числу неизвестных.

Тест 7:

Какой метод решения СЛАУ позволяет найти решение СЛАУ даже в случае неполного ранга системы?

Варианты ответов:

1. Метод Гаусса (треугольное разложение).
2. Метод ортогонального разложения.
3. Метод сингулярного разложения.

Тест 8:

1. Подмена одной функции другой называется:

- 1) Интерполяция
- 2) Экстраполяция
- 3) Аппроксимация
- 4) Сплайн.

Тест 9:

Многочлен называется:

1. Интерполяционный многочлен Лагранжа
2. Интерполяционный многочлен Ньютона
3. Интерполяционный многочлен Чебышева
4. Интерполяционный многочлен Лежандра

Тест 10:

Функция, дифференцируемая k раз, и на каждом из заданных отрезков являющаяся многочленом степени m , называется:

Варианты ответов:

1. Интерполяция
2. Экстраполяция
3. Аппроксимация
4. Сплайн.

Тест 11:

Явно-неявный метод Эйлера решения задачи Коши эквивалентен методу

Варианты ответов:

1. Трапеций
2. Предиктор-корректорному методу Адамса первого порядка
3. Предиктор-корректорному методу Адамса второго порядка
4. Милна

Тест 12:

Основной метод для решения начально-граничных задач для уравнений в частных производных называется:

Варианты ответов:

1. Сеточный метод
2. Метод касательных
3. Метод секущих
4. Метод средней точки

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения

промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-2.Способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания.		
Знать	Базовые знания в области естественнонаучных дисциплин; Основные проблемы естественнонаучных дисциплин; Основные методы решения проблем естественнонаучных дисциплин;	Перечень теоретических вопросов к зачету: 1. Понятие математической модели и общие принципы, этапы ее построения. 2. Структура погрешности. Корректность. 3. Вычислительный эксперимент и адекватность моделей. Интерполирование. 4. Линейная интерполяция. Интерполяционный многочлен Ньютона. Погрешность многочлена Ньютона. Применения интерполяции. 5. Интерполяция сплайнами. Монотонная интерполяция. 6. Применение численных методов для анализа и расчета тепломассообменных и процессов. 7. Численное решение алгебраических, трансцендентных и дифференциальных уравнений. 8. Сходимость интерполяции. 9. Численное дифференцирование. Полиномиальные формулы. 10. Квазиравномерные сетки. Быстропеременные функции. Регуляризация дифференцирования. 11. Численное интегрирование. Полиномиальная аппроксимация. 12. Формулы Гаусса-Кристоффеля. Формулы Маркова. 13. Последовательное интегрирование. Метод статистических испытаний. 14. Случайные величины. Разыгрывание случайной величины. Вычисление интеграла. 15. Применение электронных таблиц для решения инженерных задач численными методами.
Уметь	Выбрать методики базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин; Грамотно поставить задачу, подобрать методику исследования и решения поставленной проблемы; Грамотно поставить	Примерное практическое задание к зачету: 1. Определить потери тепла через стенку длиной 5 м, высотой 3 м, толщиной $d = 0,25$ м, если на поверхностях стенки поддерживаются температуры $t_1 = +20$ °С, $t_2 = -5$ °С, коэффициент теплопроводности стенки $\lambda = 0,6$ Вт/(м·град). 2. Стенки топки парового котла выполнены из огнеупорного кирпича толщиной $d = 0,25$ м. Температуры на внутренней и внешней поверхностях $t_1 = 1350$°С, $t_2 = 50$°С. Теплопроводность кирпича зависит от температуры $\lambda = 0,93(1+0,00075t)$. Вычислить и изобразить в масштабе распределение температур

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	задачу, подобрать методику исследования и решения поставленной проблемы и решить её разными способами;	внутри стенки на расстояниях $x_1 = 0,05$ м, $x_2 = 0,1$ м, $x_3 = 0,15$ м, $x_4 = 0,2$ м. 3. В резервуар, содержащий 125 м^3 жидкости плотностью 1760 кг/м^3 , закачено 224 м^3 жидкости плотностью 1848 кг/м^3 . Определить плотность получившейся смеси.
Владеть	Навыками проведения анализа поставленной задачи; Навыками проведения анализа поставленной задачи, выбора методики решения поставленной задачи; Навыками проведения анализа поставленной задачи, выбора методики решения поставленной задачи и решить её разными способами;	Пример задания на решение задач из профессиональной области: Полый стальной шар радиусом 100 мм с внутренней полостью радиусом 20 мм имеет температуру внутренней поверхности 100°C , внешней поверхности 20°C . Определить одномерное температурное поле для стального полого шара при граничных условиях первого рода (ГУ 1). Дано: 1. Геометрические размеры (рис. 1) – радиус внутренней поверхности $R_1 = 20$ мм; – радиус внешней поверхности $R_2 = 100$ мм. 2. Свойства материала: – материал шара сталь; – теплопроводность $\lambda = 45 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. 3. Граничные условия: – температура внутренней поверхности $T_1 = 100^\circ\text{C}$; – температура внешней поверхности $T_2 = 20^\circ\text{C}$. Найти картину одномерного температурного поля сферической стенки для случая, когда температура зависит только от одной координаты. Теплопроводность λ – постоянная величина. Граничные условия соответствуют ГУ 1 рода.
ПК-4.Способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.		
Знать	Основу теории экспериментальных исследований; Основные методы моделирования и планирования экспериментальных исследований; Основные методы моделирования и планирования экспериментальных исследований и порядок из проведения;	Перечень теоретических вопросов к зачету: 1. Понятие математической модели и общие принципы, этапы ее построения. 2. Вычислительный эксперимент и адекватность моделей. 3. Численное интегрирование. Полиномиальная аппроксимация. 4. Применение электронных таблиц для решения инженерных задач численными методами.
Уметь	Выделить цель исследований;	Примерное практическое задание к зачету: 1. Призматическая прямоугольная емкость,

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	Выделить цель исследований, применить один из методов для решения поставленной задачи; Выделить цель исследований, применить любой из методов математического аппарата для решения поставленной задачи;	заполненная водой, имеет в месте соединения боковой стенки с дном криволинейную цилиндрическую вставку радиусом 1 м, и шириной $b = 1,2$ м. Определить силу избыточного гидростатического давления, действующего на криволинейную цилиндрическую поверхность вставки, если нижняя точка криволинейной поверхности находится на глубине $h = 2,5$ м. 2. Определить расход воды V , протекающей по горизонтальному трубопроводу, при следующих исходных данных: напор $H = 4$ м, длина трубопровода $l = 52$ м, диаметр трубопровода $d = 100$ мм, абсолютная шероховатость стенок трубопровода $\Delta = 1$ мм, температура воды $t = 20$ °С. Угол открытия пробкового крана 20° . Построить напорную и пьезометрическую линии. 3.
Владеть	Навыками проведения анализа исходных параметров моделируемой системы; Навыками проведения анализа исходных параметров моделируемой системы, выбора факторов, определяющих параметров; Навыками проведения анализа исходных параметров моделируемой системы, выбора факторов, определяющих параметров, проводить моделирование и обработку результатов исследований;	Пример задания на решение задач из профессиональной области: 1. Жидкость движется по трубопроводу, состоящему из двух участков труб разного диаметра. На первом участке трубы диаметром 100 мм, скорость течения 50 см/с, на втором участке скорость течения 20 см/с. Каков диаметр трубы на втором участке? 2. Из открытого резервуара через круглое отверстие диаметром $d = 4,5$ см в его стенке требуется пропустить расход воды $V = 6$ л/с. Определить: а) какой напор H обеспечит заданный расход; б) как изменится расход, если к отверстию присоединить внешний цилиндрический насадок диаметром $d = 4,5$ см при вычисленном напоре H . 3. Как изменится расход, если к отверстию диаметром 5 см присоединить внешний цилиндрический насадок того же диаметра? Напор над центром отверстия 1,2 м. Каким должен быть напор, чтобы расход, проходящий через насадок остался таким же, что и через отверстие?

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Для получения зачета по дисциплине студент должен показать следующие знания, умения и навыки по использованию и внедрению результатов образовательной

деятельности:

– на оценку «**зачтено**»:

1. Студент должен показать уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

2. Студент должен предоставить выполненное задание, в котором были бы отражены проблемы, касающиеся всех аспектов изучаемой дисциплины.

– на оценку «**не зачтено**»:

1. Студент не владеет терминологией изучаемой дисциплины;

2. Студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации изучаемой дисциплины;

3. Не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник / В.П. Тарасик. — Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. — 592 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011996-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1042658> (дата обращения: 13.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

2.Высоцкий, Л.И. Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости: учебное пособие / Л.И.Высоцкий, Г.Р.Коперник, И.С.Высоцкий. —2-е изд., испр.—Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 64с. — ISBN 978-5-8114-1554-0.—Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.— URL:<https://e.lanbook.com/book/44842> (дата обращения:30.09.2020).—Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература

1.Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2019. - 398 с.:-(Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01167-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010810> (дата обращения: 13.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Семенов, Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / Б. А. Семенов. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1392-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5107> (дата обращения: 13.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Леушин, И. О. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебник / И.О. Леушин. - М. : Форум : НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 208 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-91134-732-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1012428> (дата обращения: 13.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

в) Перечень методических указаний

1. Копцев, В.В. Статистическая обработка результатов теплофизического эксперимента: Метод. указания. / В.В.Копцев, В.Ф.Толмачева, А.П. Морозов - Магнитогорск, ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. - 22 с.

2. Матвеева, Г.Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена: учебное пособие /Г.Н. Матвеева, Ю.И Тартаковский, Б.К. Сеничкин - Магнитогорск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011.- 57 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:
Программное обеспечение

Наименование ПО	№договора	Срок действия лицензии
MSWindows7Professional (для классов)	Д-1227-18от08.10.2018	11.10.2021
MSOffice2007Professional	№135от17.09.2007	бессрочно
ComsolMultiphysicsAcademicClass	К-69-14от18.09.2014	бессрочно
FARManager	Свободно распространяемое	бессрочно
MathCADv.15EducationUniversityEdition	Д-1662-13от22.11.2013	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система –Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (GoogleScholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система – Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий«Webofscience»	http://webofscience.com

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран

Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступов в электронную информационно-образовательную среду университета
--	--