

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии,
машиностроения и
материаловедения


А.С. Савинов
«11» сентября 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

НАГРЕВ И НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Направление подготовки (специальность)
15.03.01 Машиностроение

Направленность (профиль) программы
Машины и технология обработки металлов давлением

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Программа подготовки
Академический бакалавриат

Форма обучения
Очная

| | |
|----------|--|
| Институт | Металлургии, машиностроения и материаловедения |
| Кафедра | Машины и технологии обработки давлением и машиностроения |
| Курс | 4 |
| Семестр | 7 |

Магнитогорск
2017

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению 15.03.01
Машиностроение, утвержденного приказом МОиН РФ от 3 сентября 2015 г., №957.

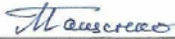
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры машин и
технологий обработки давлением и машиностроения 31.08.2017 г., протокол №1.

Зав. кафедрой МиТОДиМ  / С.И. Платов /

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ 11.09.2017 г.,
протокол №1.

Председатель  / А.С. Савинов /

Рабочая программа составлена: ст. преподавателем К.Г. Пашенко



Рецензент: к.т.н., доцент каф. механики / М.В. Харченко /



1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Нагрев и нагревательные устройства» являются:

- изучение фундаментальных законов теплопередачи, современной теории горения и рационального сжигания топлива,
- конструкций и элементов высокотемпературных металлургических печей, а также устройств и материалов применяемых при сооружении печей.

Задачи изучения дисциплины:

- получение студентами комплекса знаний о процессах теплообмена в промышленных печах;
- понимание физико-химической сущности процессов протекающих в рабочем пространстве печей;
- приобретение навыков тепловых расчетов печей, горелок, форсунок и горения га-зообразного, жидкого и твердого топлива.
- научить разрабатывать и подтверждать расчетами мероприятия по повышению эффективности эксплуатации печей;
- на основе полученных знаний научить анализировать протекающие процессы, определять пути совершенствования технологических процессов, разработки экологически безопасных и малоотходных технологий.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Нагрев и нагревательные устройства входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Химия

Физика

Математика

Безопасность жизнедеятельности

Машиностроительные материалы

Технология производства кузнечно-штамповочного оборудования

Технологические процессы обработки металлов давлением

Современное оборудование для производства длиномерных изделий

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная – преддипломная практика

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Нагрев и нагревательные устройства» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения |
|---------------------------------|--|
| | ПК-15 умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования |

| | |
|---------|---|
| Знать | - порядок и методы расчета нагрева металла, - физико-химическую сущность процессов теплообмена, протекающих в рабочем пространстве печей, - основные законы теплообмена, - основные теплотехнические характеристики нагревательных печей, - конструкции и тепловые режимы работы нагревательных и термических печей, - конструкции и особенности эксплуатации топливосжигающих устройств и теплообменных аппаратов, - принципы энергосбережения в печах различного технологического назначения; |
| Уметь | - пользоваться справочной литературой по тепло- и массообмену, - проводить расчеты нагрева (охлаждения) тел различной формы; - рассчитать процесс горения газообразного, твердого и жидкого топлива, время тепловой обработки металла, тепловой баланс нагревательных печей периодического и непрерывного действия; |
| Владеть | - методикой проведения расчетных работ по определению температурного поля в нагреваемых телах; - методикой выбора рациональных условий нагрева тел различной формы при различных граничных условиях и видах теплообмена; |

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 37 акад. часов;
- аудиторная – 36 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов
- самостоятельная работа – 35 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

| Раздел/ тема дисциплины | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) | | | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции |
|---|---------|--|-----------|-------------|---------------------------------|---|---|-----------------|
| | | Лек. | лаб. зан. | практ. зан. | | | | |
| 1.1 Место нагревательных устройств в технологических процессах на металлопроизводящих предприятиях. Классификация Нагревательных устройств. | 7 | 3 | | | 4 | Изучение учебных материалов. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач. | Контрольные работы №№1,2,3,4 | ПК-15 |
| 2.1 Потери тепла в печах теплопроводностью, конвекцией и излучением. Режимы нагрева металла в пламенных печах. Технология и расчет времени нагрева металла. | 7 | 3 | | | 4 | Изучение учебных материалов. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач. | Контрольные работы №№1,2,3,4 | ПК-15 |

| | | | | | | | | |
|---|---|-----------|--|--------------|-----------|---|------------------------------|-------|
| 3.1 Тепловой баланс и характеристики печей; типы, конструкции и область применения печей. Выбор нагревательных устройств | 7 | 3 | | | 4 | Изучение учебных материалов. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач. | Контрольные работы №№1,2,3,4 | ПК-15 |
| 4.1 Нагрев в электропечах сопротивления. Контактный и индукционный нагрев. | 7 | 3 | | | 4 | Изучение учебных материалов. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач. | Контрольные работы №№1,2,3,4 | ПК-15 |
| 5.1 Нагрев углеводородным топливом. Теплота сгорания топлива. Теоретические основы расчета пламенных печей, расчет горения топлива. Механика движения газов. Удаление продуктов горения из печи. Основы теории теплопередачи. Теплообмен в пламенных печах. | 7 | 6 | | | 4 | Изучение учебных материалов. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач. | Контрольные работы №№1,2,3,4 | ПК-15 |
| 6.1 Определение удельного теплового потока при стационарном режиме | 7 | | | 3/2И | 4 | Изучение учебных материалов. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач. | Контрольные работы №1 | ПК-15 |
| 7.1 Нагрев тел при нестационарном режиме. (Краевые условия III рода) | 7 | | | 6/2И | 4 | Изучение учебных материалов. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач. | Контрольные работы №2 | ПК-15 |
| 8.1 Определение коэффициента теплопередачи в элементе рекуператора | 7 | | | 6/2И | 4 | Изучение учебных материалов. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач. | Контрольные работы №3 | ПК-15 |
| 9.1 Определение коэффициента теплопроводности шамота | 7 | | | 3/2И | 3 | Изучение учебных материалов. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач. | Контрольные работы №4 | ПК-15 |
| Зачет | 7 | | | | | | | ПК-15 |
| Итого по разделу | | | | | | | | |
| Итого за семестр | | 18 | | 18/8И | 35 | | зачёт | |
| Итого по дисциплине | | 18 | | 18/8И | 35 | | зачет | |

5 Образовательные технологии

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Проект предполагает совместную учебно-познавательную деятельность группы студентов, направленную на выработку концепции, установление целей и задач, формулировку ожидаемых результатов, определение принципов и методик решения поставленных задач, планирование хода работы, поиск доступных и оптимальных ресурсов, поэтапную реализацию плана работы, презентацию результатов работы, их осмысление и рефлексиию.

Основные типы проектов:

Исследовательский проект – структура приближена к формату научного исследования (доказательство актуальности темы, определение научной проблемы, предмета и объекта исследования, целей и задач, методов, источников, выдвижение гипотезы, обобщение результатов, выводы, обозначение новых проблем).

Информационный проект – учебно-познавательная деятельность с ярко выраженной эвристической направленностью (поиск, отбор и систематизация информации о каком-то объекте, ознакомление участников проекта с этой информацией, ее анализ и обобщение для презентации более широкой аудитории).

3. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе личностно- значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды.

Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (меж-групповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Нагрев и нагревательные устройства» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач:

1. Определение потерь давления на трение и местные сопротивления
2. Расчёт параметров работы инжектора
3. Расчет удельного теплового потока при стационарном режиме

4. Динамика нагрева тел при нестационарном режиме. (Краевые условия III рода).
5. Определение коэффициента теплопередачи в элементе рекуператора
6. Расчет коэффициента теплопроводности огнеупора

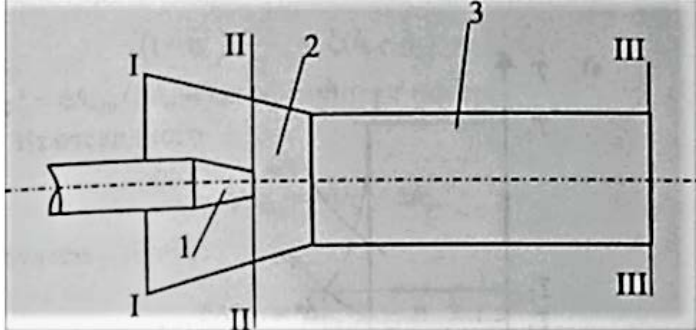
Контрольные вопросы для подготовки к зачету

1. Виды топлива и их состав. Условное топливо.
2. Основные характеристики топлива.
3. Устройства для сжигания топлива.
4. Электронагрев плазменный, индукционный, электросопротивлением, электроннолучевой. Области применения.
5. Ограниченные струйные течения. Инжектор и эжектор.
6. Виды движения газов в печах.
7. Потери энергии при движении газов.
8. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение. Основные понятия и определения.
9. Основы теории подобия и моделирования тепловых процессов.
10. Назначение печей и общая схема промышленной печи.
11. Использование вторичных энергоресурсов. Типы теплообменников и их сравнительная оценка.
12. Очистка дымовых газов промышленных печей.
13. Основы технологии нагрева металла. Типовые режимы нагрева "тонких" и "массивных" заготовок.
14. Виды брака при нагреве металла и пути снижения потерь металла.
15. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы, их основные свойства.
16. Основные элементы конструкций печей.
17. Основные типы нагревательных устройств.
18. Тепловые балансы нагревательных устройств.

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 |
|---|--|---|
| ПК-15 умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования | | |
| Знать | <p>порядок и методы расчета нагрева металла, физико-химическую сущность процессов теплообмена, протекающих в рабочем пространстве печей, основные законы теплообмена, основные теплотехнические характеристики нагревательных печей, конструкции и тепловые режимы работы нагревательных и термических печей, конструкции и особенности эксплуатации топливосжигающих устройств и теплообменных аппаратов, принципы энергосбережения в печах различного технологического назначения;</p> | <p>Контрольные вопросы к зачету</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виды топлива и их состав. Условное топливо. 2. Основные характеристики топлива. 3. Устройства для сжигания топлива. 4. Электронагрев плазменный, индукционный, электросопротивлением, электроннолучевой. Области применения. 5. Ограниченные струйные течения. Инжектор и эжектор. 6. Виды движения газов в печах. 7. Потери энергии при движении газов. 8. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение. <p>Основные понятия и определения.</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Основы теории подобия и моделирования тепловых процессов. 10. Назначение печей и общая схема промышленной печи. 11. Использование вторичных энергоресурсов. Типы теплообменников и их сравнительная оценка. 12. Очистка дымовых газов промышленных печей. 13. Основы технологии нагрева металла. Типовые режимы нагрева "тонких" и "массивных" заготовок. 14. Виды брака при нагреве металла и пути снижения потерь металла. 15. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы, их основные свойства. 16. Основные элементы конструкций печей. 17. Основные типы нагревательных устройств. 18. Тепловые балансы нагревательных устройств. |
| Уметь | пользоваться справочной литературой по | Расчёт параметров работы инжектора |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---------------------------------|---|---|
| | <p>тепло- и массообмену, проводить расчеты нагрева (охлаждения) тел различной формы; рассчитать процесс горения газообразного, твердого и жидкого топлива, время тепловой обработки металла, тепловой баланс нагревательных печей периодического и непрерывного действия;</p> | <p>Произвести расчет характеристики инжектора без диффузора по следующим данным. Диаметры рабочего сопла и смесителя соответственно равны $d_1 = 7,4$ мм; $d_3 = 59,5$ мм; $f_2 = F_3/F_2 = 1$; $f_1 = 0,01547$. Инжектирующий газ - компрессорный воздух с давлением $p_0 = 147,2$ кПа и $T_0 = 293$ К. Инжектируемая среда - атмосферный воздух при температуре $T_2 = 300$ К и давлении 99,2 кПа. Противодавление в камере, куда происходит инжекция $D p_c = 900$ Па. Газовая постоянная и показатель адиабаты для воздуха: $R = 288$ Н×м/(кг×К), $k = 1,4$.</p>  <p>Расчетная схема инжектора без головки и диффузора</p> |
| Владеть | <p>методикой проведения расчетных работ по определению температурного поля в нагреваемых телах; выбора рациональных условий нагрева тел различной формы при различных граничных условиях и видах теплообмена;</p> | <p>Примеры решения задач: Расчет параметров нестационарного теплообмена</p> <p>1. Резиновая пластина толщиной $2d = 20$ мм, нагретая до температуры $t_0 = 140$ °С, помещена в воздушную среду с температурой $t_{ж} = 15$ °С.</p> <p>Определить температуры в середине и на поверхности пластины через $t = 20$ мин после начала охлаждения. Коэффициент теплопроводности резины $l = 0,175$ Вт/(м×К). Коэффициент температуропроводности резины $a = 0,833 \times 10^{-7}$ м²/с. Коэффициент теплоотдачи от поверхности пластины к окружающему воздуху $\alpha = 65$ Вт/(м²×К).</p> <p>Ответ. $t_{x=0} = 47,5$ °С; $t_{x=d} = 25,4$ °С.</p> <p>Решение. Температуры в середине и на поверхности безграничной пластины при охлаждении (нагревании) в среде с постоянной температурой можно определить с помощью графиков $Q_{x=0} = f_1(Bi, Fo)$ (рис. 2-1) и $Q_{x=d} = f_2(Bi, Fo)$ (рис 2-2). В рассматриваемом случае</p> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---------------------------------|---------------------------------|--|
| | | <p> $Bi = ad/l = 65 \times 0,01 / 0,175 = 3,73$; $Fo = at/d^2 = 0,833 \times 10^{-7} \times 1200 / (0,01)^2 = 1,0$. При этих значениях критериев Bi и Fo по графику на рис. 2-1 находим $Q_{x=0} = 0,26$ и по графику на рис 2-2 $Q_{x=d} = 0,083$. Безразмерная температура $Q = (t - t_{ж}) / (t_0 - t_{ж})$, следовательно, $t_{x=0} = t_{ж} + Q_{x=0} (t_0 - t_{ж}) = 15 + 0,26 (140 - 15) = 47,5 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t_{x=d} = t_{ж} + Q_{x=d} (t_0 - t_{ж}) = 15 + 0,083 (140 - 15) = 25,4 \text{ } ^\circ\text{C}$. 2. Для условия задачи 2-1 определить температуру на расстоянии $x = d/2 = 5$ мм от середины пластины. Определить также безразмерные температуры в середине и на поверхности пластины расчетным путем и сравнить результаты расчета со значениями $Q_{x=0}$ и $Q_{x=d}$, полученными в задаче 2-1. Ответ. $t_{x=d/2} = 41 \text{ } ^\circ\text{C}$; $Q_{x=0} = 0,257$; $Q_{x=d} = 0,082$. Решение. Безразмерная температура неограниченной пластины при охлаждении в среде с постоянной температурой выражается уравнением $\Theta = N \exp(-\varepsilon_1^2 Fo) \cos\left(\varepsilon_1 \frac{x}{\delta}\right)$ и безразмерные температуры в середине и на поверхности пластины будут соответственно равны. $\Theta_{x=0} = N \exp(-\varepsilon_1^2 Fo)$; $\Theta_{x=\delta} = P \exp(-\varepsilon_2^2 Fo)$. Значения величин N, P, ε_1 и ε_2 в зависимости от Bi приведены в табл. 2-1. В рассматриваемом случае при $Bi = 3,73$ из табл. 2-1 находим: $N = 1,224$; $P = 0,390$, $\varepsilon_1 = 1,248$, $\varepsilon_2 = 1,56$. Следовательно, при $Fo = 1$ </p> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---------------------------------|---------------------------------|--|
| | | <p> $\Theta_{x=\frac{d}{2}} = 1,224 \cos\left(\frac{1,248}{2}\right) \exp(-1,56) = 0,208;$ $t_{x=\frac{d}{2}} = t_{\infty} + \Theta_{x=\frac{d}{2}}(t_0 - t_{\infty}) = 15 + 0,208 \cdot 125 = 41 \text{ }^{\circ}\text{C};$ $\Theta_{x=0} = 1,224 \exp(-1,56) = 0,257;$ $\Theta_{x=d} = 0,390 \exp(-1,56) = 0,082.$ </p> <p> 2-3. Определить промежуток времени, по истечении которого лист стали, прогретый до температуры $t_0 = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$, будучи помещен в воздушную среду, температура которой $t_{\text{ж}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, примет температуру, отличающуюся не более чем на 1 % от температуры окружающей среды. Толщина листа $2d = 20 \text{ мм}$, коэффициент теплопроводности стали $\lambda = 45,5 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$; теплоемкость стали $c = 0,46 \text{ кДж/(кг}\times\text{К)}$, плотность стали $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$. Коэффициент теплоотдачи от поверхности листа к окружающему воздуху $a = 35 \text{ Вт/(м}^2\times\text{К)}$. </p> <p> <i>Указание.</i> Для оценки характера распределения температуры по сечению листа стали подсчитаем значение критерия Био: </p> $Bi = \frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda} = \frac{35 \cdot 0,01}{45,5} = 0,0077 \ll 0,1.$ <p> Так как $Bi < 0,1$, то можно температуру по сечению пластины считать одинаковой во всех точках и воспользоваться формулой </p> $Q = \exp(-Bi \cdot Fo).$ <p> Ответ: 2 ч 15 мин. </p> <p> 2-4. Определить время t, необходимое для нагрева листа стали толщиной $2d = 24 \text{ мм}$, который имел начальную температуру $t_0 = 25^{\circ}\text{C}$, а затем был помещен в печь с температурой $t_{\text{ж}} = 600 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Нагрев считать законченным, когда температура листа достигнет значения $t = 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$. </p> <p> Коэффициент теплопроводности, теплоемкость и плотность стали равны соответственно $\lambda = 45,4 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$; $c = 0,502 \text{ кДж/(кг}\times\text{К)}$; $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ а коэффициент теплоотдачи к поверхности листа $a = 23,3 \text{ Вт/(м}^2\times\text{К)}$. </p> <p> Ответ. $t = 45 \text{ мин.}$ </p> |

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Нагрев и нагревательные устройства» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

- «зачтено» – обучаемый должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- «не зачтено» – обучаемый не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Теплотехника : учебное пособие / В.В. Дырдин, А.А. Мальшин, В.Г. Смирнов, Т.Л. Ким. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 174 с. Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/115115> .
2. Тинькова, С.М. Теплофизика и металлургическая теплотехника : учеб. пособие / С.М. Тинькова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. - 168 с. Режим доступа URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/>

б) Дополнительная литература:

1. Теплотехника [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Г.А. Круглов., Р.И. Булгакова, Е.С.Круглова. – СПб.: Лань, 2012.-208 с. – Режим доступа URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=3900 . – Заглавие с экрана ISBN 978-5-8114-1017-0.
2. Кудинов, А. А. Гидрогазодинамика : учеб. пособие / А.А. Кудинов. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 336 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010326-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/918073> (дата обращения: 06.11.2020). – Режим доступа: по подписке.
5. Брюханов, О.Н. Тепломассообмен: Учебник / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 464 с. <http://www.znanium.com/catalog.php?bookinfo=258657>
6. Копцев, В. В. Тепловой расчет коксогозаовой вагранки : учебное пособие / В. В. Копцев, А. В. Тихонов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1407.pdf&show=dcatalogues/1/1123921/1407.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
7. Стульпин, Е. А. Тепловой расчет вагранки : учебное пособие / Е. А. Стульпин, В. В. Копцев, А. И. Шкирмонтов ; МГТУ, [каф.ТиЭС]. - Магнитогорск, 2011. - 60 с. : ил., диагр., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=467.pdf&show=dcatalogues/1/1081629/467.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.
8. Матвеева, Г. Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена : учебное пособие / Г. Н. Матвеева, Ю. И. Тартаковский, Б. К. Сеничкин. - 2-е изд., подгот. по печ. изд. 2008 г. - Магнитогорск : МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - Режим доступа URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=989.pdf&show=dcatalogues/1/1119153/989.pdf&view=true>

в) Методические указания:

1. Мустейкис, А. И. Численное решение задач тепломассообмена. Часть 1. Теплопроводность/Мустейкис А.И., Юнаков Л.П., 2-е изд., изменениями и дополнениями - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 51 с. ISBN 978-5-16-104343-1 (online). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/544567> (дата обращения: 06.11.2020). – Режим доступа: по подписке.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**Программное обеспечение**

| Наименование ПО | № договора | Срок действия лицензии |
|---|---------------------------|------------------------|
| MS Windows 7 Professional(для классов) | Д-1227-18 от 08.10.2018 | 11.10.2021 |
| MS Windows 7 Professional (для классов) | Д-757-17 от 27.06.2017 | 27.07.2018 |
| MS Office 2007 Professional | № 135 от 17.09.2007 | бессрочно |
| 7Zip | свободно распространяемое | бессрочно |
| Программное обеспечение для моделирования напряжений деформаций, в рулонном прокате, в процессе термического воздействия периодического характера | К-167-12 от 02.07.2012 | бессрочно |
| FAR Manager | свободно распространяемое | бессрочно |
| MathCAD v.15 Education University Edition | Д-1662-13 от 22.11.2013 | бессрочно |
| MathWorks MathLab v.2014 Classroom License | К-89-14 от 08.12.2014 | бессрочно |
| Maple 14 Classroom License | К-113-11 от 11.04.2011 | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|--|---|
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС» | https://dlib.eastview.com/ |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar) | 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/ |

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лабораторный корпус с лабораторией сварки и лабораторией резания: комплект печатных и электронных версий методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по темам. Лабораторное оборудование.

3. Учебная аудитория для проведения механических испытаний:

1) Машины универсальные испытательные на растяжение.

2) Мерительный инструмент.

3) Приборы для измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла.

4) Микротвердомер.

5) Печи термические.

4. Учебная аудитория для проведения металлографических исследований: Микроскопы МИМ-6, МИМ-7

5. Учебные аудитории для проведения индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: Доска.

6. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Стеллажи, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.