

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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

30 сентября 2016 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*ТЕПЛОФИЗИКА*

Направление подготовки  
**22.03.02 Металлургия**

Профиль программы  
**Обработка металлов и сплавов давлением (прокатное производство)**

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Энергетики и автоматизированных систем  
Теплотехнических и энергетических систем  
3

Магнитогорск  
2016 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению 22.03.02  
Металлургия, утвержденного приказом МОиН РФ от 04.12.2015г. № 1427.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
теплотехнических и энергетических систем  
27.09.2016 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и  
автоматизированных систем  
28.09.2016 г., протокол № 1.

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Согласовано:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ М.В. Чукин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС, к.т.н

\_\_\_\_\_ М.А. Лемешко

Рецензент:

Зам. начальника ЦЭСТ ОАО «ММК», к.т.н.

\_\_\_\_\_ В.Н. Михайловский



## 1 Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Теплофизика» является изучение фундаментальных законов переноса теплоты, современной теории теплообмена и применение их в тепловых расчетах нагрева и охлаждения тел различной формы с различными теплофизическими свойствами; формирование у студентов на основе рациональной технологии нагрева металла умений тепловых расчетов; приобретение навыков тепловых расчетов горелок, форсунок и горения газообразного, жидкого и твердого топлива.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Курс Б1.Б.17 «Теплофизика» входит в базовую часть образовательной программы по направлению подготовки 22.03.02 – «Металлургия», для профиля подготовки Обработка металлов и сплавов давлением (прокатное производство).

Успешное усвоение материала предполагает знание студентами основных положений следующих дисциплин: Б1.Б.09 Математика: дифференциальное и интегральное исчисления; Б1.Б.10 Физика: термодинамика; Б1.Б.11 Химия: закономерности протекания химических реакций.

Знания, полученные студентами при изучении курса «Теплофизика» необходимы для последующего освоения дисциплин: Б1.Б.18 Металлургическая теплотехника; Б1.Б.19 Основы металлургического производства; при выполнении научно-исследовательских и выпускной квалификационной работ.

Материал дисциплины базируется на ранее изученном материале комплекса общеобразовательных и специальных дисциплин, который обеспечивает формирование требуемого уровня компетенции обучающегося и подготовки бакалавров по направлению подготовки 22.03.02 – «Металлургия», для профиля подготовки Обработка металлов и сплавов давлением (прокатное производство).

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

В результате освоения дисциплины «Теплофизика» студент должен обладать следующими Компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ОПК-1. Готовностью использовать фундаментальные общеинженерные знания</b>	
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.
<b>ПК-4. Готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы</b>	
Знать:	Основные определения и понятия базовых знаний в области естественно-

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	научных дисциплин. Фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин, основные методы решения типовых задач по известным алгоритмам и правилам. Основные закономерности процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, описывать, рассчитывать и анализировать процессы переноса тепла и массы, выделять факторы, определяющие их интенсивность.
Уметь:	объяснять типичные модели задач в области теплообмена. обсуждать эффективные способы решения проблем теплообмена строить и анализировать математические модели тепломассопереноса. Распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного теплообмена.
Владеть:	Способами демонстрации умения владеть сбором информации для теплотехнических расчётов. Способами сбора и анализа информации о теплообменных процессах конвекцией, излучением и теплопроводностью. Методами расчета процессов конвективного тепло- и массопереноса, передачи тепла излучением и молекулярной теплопроводностью.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

1. Контактная работа – 23,2 акад. часов:
  - аудиторная – 20 акад. часов;
  - внеаудиторная – 3,2 акад. часов.
2. Самостоятельная работа – 76,1 акад. часов.
3. Подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа.

Раздел/тема дисциплины	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	практич. занятия				
Тема 1. Термодинамика и механика газов. Основные сведения. Энтальпия, теплота. Основные уравнения течения газа. Основные сведения из механики газов. Режимы движения жидкости. Истечение газа через отверстия. Уравнение Бернулли. Струйное движение газа. Тепло- и	2	2	2	24	Самостоятельное изучение учебной литературы. Проработка соответствующих вопросов раздела 6	Конспект лекций; отчет по лабораторной работе; расчет практического задания.	ОПК-1 ПК-4 зுவ

Раздел/тема дисциплины	Аудиторная контактная работа (в acad. часах)			Самостоятельная работа (в acad. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
	лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
массоперенос. Явления, законы и уравнения переноса вещества, тепла и импульса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия.							
Тема 2. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме. Теплопередача. Конвективный тепло- и массоперенос при свободном и вынужденном течении. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Радиационный тепло- и массоперенос. Основные понятия и законы. Виды лучистых потоков. Сложный теплообмен.	2	2	2	24	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела 6	Конспект лекций; отчет по лабораторной работе; расчет практического задания.	ОПК-1 ПК-4 зув
Тема 3. Теплогенерация за счет сжигания топлива. Основные характеристики топлива. Основы теории горения. Расчеты полного и неполного горения топлива. Устройства для сжигания топлива. Теплогенерация за счет электроэнергии.	2	2/2И	4	28,1	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела 6	Конспект лекций; отчет по лабораторной работе; расчет практического задания.	ОПК-1 ПК-4 зув
Контрольная работа				3,2	Самостоятельное выполнение контрольной работы. Проработка соответствующих	Расчет контрольной работы.	ОПК-1 ПК-4 зув

Раздел/тема дисциплины	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	практич. занятия				
					вопросов раздела 6		
Промежуточная аттестация (экзамен)				8,7	Экзамен	Экзаменационная ведомость	
Итого	6	6/2И	8/2И	76,1			

## 5 Образовательные и информационные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Теплофизика» 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. Основные закономерности механики печных газов.
2. Свободные и частично ограниченные струйные течения.
3. Ограниченные струйные течения. Инжектор и эжектор.
4. Потери энергии при движении газов.
5. Виды переноса теплоты. Основные понятия и определения.
6. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия.
7. Коэффициент теплопроводности сталей и факторы, влияющие на него.
8. Стационарная и нестационарная теплопроводность
9. Конвективный теплообмен при свободном и вынужденном движении газов.
10. Критериальные уравнения конвективного теплообмена.
11. Теплообмен излучением. Виды лучистых потоков.
12. Особенности излучения газов.
13. Теплообмен излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве.
14. Угловые коэффициенты излучения.
15. Теплообмен излучением при наличии экранов между поверхностями.

17. Основы теории подобия и моделирования теплотехнических и теплоэнергетических процессов и оборудования.
18. Основы расчета нагрева «тонких» и «массивных» заготовок.
19. Химическая энергия.
20. Разрушение и образование молекулярных связей. Выделение и поглощение энергии.
21. Основные энергетические ресурсы химические реакции энергетики.
22. Основные устройства генерации и использования химической энергии.
23. Разрушение и образование атомных связей.
24. Выделение и поглощение энергии.
24. Солнечное излучение. Характеристика.
25. Аккумуляция тепла. Типы аккумуляторов.
26. Тепловая энергия окружающей среды.

## 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-1. Готовностью использовать фундаментальные общеинженерные знания		
Знать:	Базовые знания в области естественнонаучных дисциплин; основные проблемы естественнонаучных дисциплин; основные методы решения проблем естественнонаучных дисциплин.	<b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b> 1. Термодинамика и механика газов. 2. Энтальпия, теплота. 3. Основные уравнения течения газа. 4. Основные сведения из механики газов. 5. Режимы движения жидкости. 6. Истечение газа через отверстия. 7. Уравнение Бернулли. Струйное движение газа. 8. Тепло- и массоперенос. 9. Явления, законы и уравнения переноса вещества, тепла и импульса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия.
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.	<b>Примерное практическое задание для экзамена:</b> 1. В каких единицах измеряется количество теплоты? 1. °С; 2. кг/м; 3. Дж; 4. Н/м 2. Теплопроводность каких материалов наибольшая? 1. Металлов; 2. Газов; 3. Твердых тел - диэлектриков; 4. Жидкостей. 3. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности? 1. От вида движения жидкости; 2. От температуры и физических свойств ве-



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ществ;</p> <p>3. От массы и площади поверхности тела;</p> <p>4. От количества подведенной теплоты.</p> <p>4. Какое из уравнение плотности теплового потока соответствует переносу теплоты теплопроводностью через однослойную плоскую стенку:</p> <p>1. <math>q = \frac{\delta}{\lambda}(t_2 - t_1);</math></p> <p>2. <math>q = -\lambda gradt;</math></p> <p>3. <math>q = \alpha(t_2 - t_1);</math></p> <p>4. <math>q = \frac{\lambda}{\delta}(t_2 - t_1).</math></p> <p>5. По какому из уравнений рассчитывается теплопередача через стенку?</p> <p>1. <math>q = \frac{\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}</math></p> <p>2. <math>q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}</math></p> <p>3. <math>q = \frac{t_{oc1} - t_{oc2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}</math></p> <p>6. Указать, какому интервалу значений коэффициента <math>\lambda</math> соответствует теплопроводность сталей.</p> <p>1. 20 – 50 Вт/(м °С )</p> <p>2. 0,07 – 4 Вт/(м °С )</p> <p>3. 0,007 – 0,07 Вт/(м °С)</p> <p>7. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?</p> <p>1. <math>\frac{Вт}{м^2};</math></p> <p>2. <math>\frac{Вт}{м^2 \cdot град};</math></p> <p>3. <math>\frac{Вт}{м \cdot град};</math></p> <p>4. Вт.</p> <p>8. Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность передачи теплоты:</p> <p>1. От одной среды к другой;</p> <p>2. Внутри твердых стенок;</p> <p>3. От одной среды к другой через разделительную стенку;</p> <p>4. От жидкостей к твердым стенкам.</p> <p>9. Число Фурье определяет:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Режим движения жидкости;</li> <li>2. Термическую массивность тел;</li> <li>3. Безразмерное время нагрева;</li> <li>4. Физические параметры вещества.</li> </ol>
Владеть:	<p>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.</p>	<p><b>Пример задания на решение задач из профессиональной области:</b></p> <p>Задача 1. Плоская печная стенка состоит из слоя огнепорного материала толщиной <math>S_1</math>, м и теплоизоляционного слоя толщиной <math>S_2</math>, м. Коэффициенты теплопроводности слоев равны: первого <math>\lambda_1</math>, Вт/(м К), второго <math>\lambda_2</math>, Вт/(м К). Температура газов омывающих внутреннюю поверхность стенки <math>t_g</math>, С; коэффициент теплоотдачи к внутренней стенке <math>\alpha_1</math>, Вт/(м·К); от наружной стенки к воздуху <math>\alpha_2</math>, Вт/(м·К). Площадь стен <math>f</math>, м. Температура воздуха, омывающего наружную поверхность стенки <math>t_b</math>, °С.</p> <p>Необходимо определить:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) общее тепловое сопротивление от газов и воздуху - <math>R</math>, Общий коэффициент теплопередачи <math>K</math>, плотность теплового потока <math>q</math> и количество теплоты <math>Q</math>, теряемое стенкой при трех вариантах указанных в таблице 2;</li> <li>б) найти температуры в стыке слоев <math>t_1</math>, <math>t_2</math>, <math>t_3</math> для тех же вариантов;</li> <li>в) построить для третьего варианта графики распределения температуры в координатах <math>t</math>-<math>S</math> и <math>t</math>-<math>R</math>; сравнить с температурами, полученными аналитическим путем ( по формулам);</li> <li>г) определить снижение потерь тепла во втором и третьем вариантах по сравнению с первым (в процентах). Потери при первом варианте принимаются за 100%;</li> <li>д) результаты расчетов представить в виде таблицы 1 (Прил. 1.) и сделать выводы о роли тепловой изоляции для снижения потерь тепла через кладку. Варианты задачи даны в таблице 2 (Прил. 2).</li> </ol>
ПК-4. Готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы		
Знать:	<p>Основные определения и понятия базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин. Фундаментальные основы естественнонаучных дис-</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> <li>2. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме.</li> <li>3. Теплопередача. Конвективный тепло- и массоперенос при свободном и вынужденном течении.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	циплин, основные методы решения типовых задач по известным алгоритмам и правилам. Основные закономерности процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, описывать, рассчитывать и анализировать процессы переноса тепла и массы, выделять факторы, определяющие их интенсивность.	<p>4. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.</p> <p>5. Радиационный тепло- и массоперенос. Основные понятия и законы.</p> <p>6. Виды лучистых потоков.</p> <p>7. Сложный теплообмен.</p> <p>8. Теплогенерация за счет сжигания топлива. Основные характеристики топлива.</p> <p>9. Основы теории горения. Расчеты полного и неполного горения топлива.</p> <p>10. Устройства для сжигания топлива. Теплогенерация за счет электроэнергии.</p>
Уметь:	объяснять типичные модели задач в области теплообмена. обсуждать эффективные способы решения проблем теплообмена строить и анализировать математические модели тепломассопереноса. Распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного теплообмена.	<p><b>Примерное практическое задание для экзамена:</b></p> <p>1. При каких значениях числа Био тело является термически тонким:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Bi \rightarrow 0</math>;</li> <li><math>Bi \rightarrow \infty</math>;</li> <li><math>Bi &lt; 0</math>;</li> <li><math>Bi \leq 0,25</math>.</li> </ol> <p>2. Какое число подобия является определяемым при расчетах конвективного теплообмена?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Pr</math>;</li> <li><math>Nu</math>;</li> <li><math>Re</math>;</li> <li><math>Gr</math>.</li> </ol> <p>3. Каким уравнением подобия характеризуется вынужденная конвекция?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Nu = f(Gr, Pr)</math>;</li> <li><math>Nu = f(Re, Pr)</math>;</li> <li><math>Nu = f(fo, Pr)</math>;</li> <li><math>Nu = f(Bi, Pr)</math></li> </ol> <p>4. Какие значения <math>Re</math> соответствуют турбулентному режиму движения жидкости в трубах (каналах)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Re &gt; 1300</math>;</li> <li><math>Re &lt; 9300</math>;</li> <li><math>Re &gt; 10300</math>;</li> <li><math>Re &gt; 2300</math>.</li> </ol> <p>5. Число Рейнольдса определяется по формуле</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Re = \frac{Wd}{\mu}</math></li> <li><math>Re = \frac{Wd}{\nu}</math></li> <li><math>Re = \frac{vd}{W}</math></li> <li><math>Re = \frac{vl}{W}</math></li> </ol> <p>6. Какое значение поглотительной способности имеет абсолютно черное тело:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		1. $A < 1$ ; 2. $\dot{A} = 0$ ; 3. $\dot{A} = 1$ ; 4. $\dot{A} > 1$ 7. Какой из приведенных законов применяется для расчетов теплообмена излучением? 1. $q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}$ 2. $q = \alpha(t_c - t_{жс})$ 3. $q = \varepsilon * c_o \left(\frac{T}{100}\right)^4$ 8. Какие газы обладают излучательной и поглощательной способностью? 1. He, Ar, Ne; 2. N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> 3. H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>
Владеть:	Способами демонстрации умения владеть сбором информации для теплотехнических расчётов. Способами сбора и анализа информации о теплообменных процессах конвекцией, излучением и теплопроводностью. Методами расчета процессов конвективного тепло- и массопереноса, передачи тепла излучением и молекулярной теплопроводностью.	<p><b>Пример задания на решение задач из профессиональной области:</b></p> <p>Задача 2. В печь с постоянной температурой <math>t_{эф}</math>, °С, помещается стальной цилиндр диаметром <math>D</math>, м. Начальная температура металла составляет <math>t_{нач}</math>, °С Коэффициент теплопроводности стали <math>\lambda_{ст}</math>, Вт/(м град); теплоемкость <math>C_{ст}</math>, кДж/(кг град), плотность <math>\rho_{ст}</math>, кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент теплоотдачи от печных газов <math>\alpha</math> Определить время нагрева <math>\tau</math>, до момента достижения температуры <math>t_{пов}</math>, 0С .температуру центра <math>t_{цент}</math> в момент выдачи металла из печи. Теплофизические параметры стали: коэффициент теплопроводности <math>\lambda_{ст}</math>, теплоемкость <math>C_{ст}</math>, плотность <math>\rho_{ст}</math>, считать независимыми от температуры.</p> <p>Рассчитать температурное поле неограниченного цилиндра для значений радиуса <math>r=r_0</math> <math>r = \frac{1}{3}r</math> , <math>r = \frac{2}{3}r</math> , <math>r=R</math> по формулам и сравнить с рассчитанными <math>\Theta_{пов}</math>, <math>\Theta_{цент}</math>, <math>t_{цент}</math> по диаграммам Д.В. Будрина. Варианты представлены в таблице 3. (Прил. 3).</p>

Приложение 1

	Варианты задачи	R	K	q	Q	Температура, °С				
						t <sub>г</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>в</sub>
1	Без тепловой изоляции									
	тепловые показатели									

	температуры полученные									
	аналитически									
	графически									
2	С тепловой изоляцией									
	тепловые показатели									
	температуры полученные									
	аналитически									
	графически									
3	С удвоенной тепловой изоляцией									
	тепловые показатели									
	температуры полученные									
	аналитически									
	графически									
4	Снижение потерь теплоты по сравнению:									
	с первым вариантом									
	с вторым вариантом									
	с третьим вариантом									

Приложение 2

№ варианта	Данные условия задачи №1								
	S <sub>1</sub> , м	S <sub>2</sub> , м	λ Вт/мК	λ, Вт/мК	t <sub>г</sub> , °С	t <sub>в</sub> , °С	α <sub>1</sub> , Вт/м <sup>2</sup> К	α <sub>2</sub> , Вт/м <sup>2</sup> К	f
1	0,23	0,115	1,0	0,1	1000	15	100	20	15
2	0,23	0,23	1,2	0,1	900	10	120	20	12
3	0,46	0,065	0,9	0,3	1200	20	80	19	18
4	0,46	0,115	1,3	0,2	1350	5	150	18	15
5	0,345	0,23	1,2	0,4	850	10	120	20	11
6	0,23	0,115	1,1	0,3	850	8	110	21	10
7	0,345	0,065	1,4	0,2	900	20	130	17	14
8	0,46	0,10	1,6	0,1	1200	30	100	15	17
9	0,23	0,130	1,1	0,15	900	10	120	15	13
10	0,46	0,23	1,0	0,3	1300	15	140	16	12
11	0,46	0,13	0,9	0,35	1200	10	130	17	15
12	0,46	0,10	1,0	0,25	1250	5	115	20	18
13	0,23	0,23	1,1	0,3	800	15	100	19	10
14	0,23	0,115	0,9	0,3	800	20	110	15	12
15	0,345	0,10	1,2	0,1	1000	30	115	15	14
16	0,345	0,23	1,0	0,2	1100	10	110	18	10
17	0,345	0,115	1,3	0,2	1000	10	125	20	11
18	0,46	0,23	1,1	0,1	800	5	100	20	18
19	0,46	0,115	1,3	0,2	1000	20	15	17	20
00	0,23	0,23	1,1	0,1	800	5	100	20	18

Приложение 3

№	t <sub>эф</sub>	D	t <sub>нач</sub>	λ <sub>ст</sub>	C <sub>ст</sub>	ρ <sub>ст</sub>	α	t <sub>пов</sub>
1	1300	0,24	14	30	0,54	7820	250	1200

2	1200	0,17	20	28	0,50	7840	200	1120
3	1100	0,15	40	35	0,63	7800	180	1040
4	1400	0,30	60	28	0,61	7850	310	1250
5	1400	0,25	12	25	0,57	7810	350	1100
6	1400	0,28	50	29	0,54	7800	340	1200
7	1300	0,32	10	30	0,52	7780	300	1150
8	1300	0,23	20	25	0,62	7820	280	1200
9	1300	0,20	25	33	0,60	7850	270	1250
10	1250	0,24	24	35	0,55	7850	260	1150
11	1250	0,18	20	27	0,51	7800	250	1100
12	1250	0,19	10	29	0,54	7790	255	1050
13	1200	0,30	17	25	0,60	7800	240	1080
14	1200	0,35	15	30	0,52	7850	250	1100
15	1200	0,23	20	20	0,61	7820	240	1120
16	1150	0,19	30	18	0,53	7830	200	1060
17	1150	0,15	25	23	0,55	7840	210	1050
18	1150	0,20	14	24	0,60	7800	220	1080
19	1200	0,30	24	28	0,63	7850	240	1100
20	1400	0,25	12	25	0,57	7810	350	1100
21	1200	0,30	15	25	0,60	7800	240	1080
22	1150	0,20	14	24	0,60	7800	220	1080

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

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

– на оценку **«отлично»**:

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

– на оценку **«хорошо»**:

Студент владеет терминологией изучаемой дисциплины; студент может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации изучаемой дисциплины; может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«удовлетворительно»**:

Студент владеет терминологией изучаемой дисциплины; студент может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации изучаемой дисциплины; не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»**:

Студент владеет терминологией изучаемой дисциплины; студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации изучаемой дисциплины; не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

### **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **а) Основная литература:**

1. Семенов, Ю. П. Основы теплообмена : учеб. пособие / Ю.П. Семенов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 246 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). —

[www.dx.doi.org/10.12737/textbook\\_5b4c72d22046e3.77590088](http://www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5b4c72d22046e3.77590088). - ISBN 978-5-16-013601-1. -

Текст : электронный. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/945242>

2. Цветков, Ф.Ф. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Цветков Ф.Ф. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html>

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Мирам, А.О. Техническая термодинамика. тепломассообмен / А.О. Мирам, В.А. Павленко - М. : Издательство АСВ, 2017. - 352 с. - ISBN 978-5-93093-841-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html> - Режим доступа : по подписке.

2. Минко, К.Б. Численное решение задач гидродинамики и тепломассообмена : учебное пособие / К.Б. Минко, Г.Г. Яньков. - М. : МЭИ, 2020. - ISBN 978-5-383-01425-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014257.html> Режим доступа : по подписке.

3. Кудинов, А. А. Тепломассообмен : учебное пособие / А. А. Кудинов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 375 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011093-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1046937> – Режим доступа: по подписке.

4. Теплопередача : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1. Основы теории теплопередачи / В. С. Чередниченко, В. А. Синицын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под ред. В. С. Чередниченко. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 221 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014715-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1001086> – Режим доступа: по подписке.

#### **в) Методические указания:**

1. Матвеева, Г. Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена : учебное пособие / Г. Н. Матвеева, Ю. И. Тартаковский, Б. К. Сенечкин. - 2-е изд., подгот. по печ. изд. 2008 г. - Магнитогорск : МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=989.pdf&show=dcatalogues/1/1119153/989.pdf&view=true> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
2. Агапитов, Е.Б. Гидрогазодинамика: учебное пособие [для вузов] / Е.Б. Агапитов, М.С. Соколова. – Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1510-7. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3939.pdf&show=dcatalogues/1/1530514/3939.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст: электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
3. Соколова М.С., Лемешко М.А. Введение в курс гидрогазодинамики. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 10 с.
4. Тихонов А.В., Соколова М.С. Изучение свойств свободных (неограниченных) турбулентных струй. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 10 с.
5. Тихонов А.В., Соколова М.С. Исследование закономерностей струйного прибора. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 10 с.
6. Тихонов А.В., Соколова М.С. Практическое применение уравнения Бернулли. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 10 с.

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

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Стандартные		
Microsoft Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
Microsoft Office 2007	№135 от 17.09.2007	Бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	Свободно распространяемое	бессрочно
Дополнительные		
Microsoft Windows 10 Pro	Д-1227 от 8.10.2018	11.10.2021

1. Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp) – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . –URL: <http://window.edu.ru/> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.
8. Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
9. Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
10. Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
11. Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
12. Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.



13. SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
14. Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
15. zbMATH : Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике : сайт. – URL: <http://zbmath.org/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
16. Springer Nature : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <https://www.nature.com/siteindex> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
17. Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный консорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
18. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
19. РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Теплофизика» предусмотрены следующие виды занятий: лекционные, практические занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР), зачет, экзамен, курсовая работа.

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория гидрогазодинамики	Комплекс лабораторных установок по гидрогазодинамике.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория тепломассообмена	Установка по определению угловых коэффициентов излучения; установка по изучению процессов кипения жидкости; электропечи, трансформатор; пирометр Testo 830-11, Roynger-89, Проминь.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мел.
Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования