



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ТЕПЛОФИЗИКА**

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Ювелирные и промышленные литейные технологии

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 04.12.2015 г. № 1427)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой  Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  С.И. Лукьянов

Согласовано:  
Зав. кафедрой Литейных процессов и материаловедения

 Н.А. Феоктистов

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ТиЭС, канд. техн. наук

 Е.Г. Нешпоренко

Рецензент:  
зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК", канд. техн. наук

 В.Н. Михайловский

**Лист актуализации рабочей программы**

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от 1 сентября 2020 г. № 1  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения 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 полученных знаний и умений, навыков их применения в профессиональной деятельности при решении профессиональных задач.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теплофизика входит в базовую часть учебного плана образовательной программы.

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

Физика

Информатика

Гидрогазодинамика

Технология производства

Технологические процессы и оборудование предприятий горно-металлургического комплекса

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

Надежность технических систем и техногенный риск

Организация и управление безопасностью жизнедеятельности

Экологические проблемы промышленных зон

Экология промышленных регионов

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Переработка и утилизация отходов производства

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теплофизика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	готовностью использовать фундаментальные общеинженерные знания
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.

ПК-4 готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы	
Знать	основные определения и понятия базовых знаний в области естественно-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 тепло-обменных процессах конвекцией, излучением и теплопроводностью. Методами расчета процессов конвективного тепло- и массопереноса, передачи тепла излучением и молекулярной теплопроводностью.

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 54,15 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,15 акад. часов
- самостоятельная работа – 18,15 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

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. Раздел 1. Понятие теплопередачи								
1.1 Термодинамика и механика газов. Основные сведения. Энтальпия, теплота. Основные уравнения течения газа. Основные сведения из механики газов.		4	4	2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела б.	Конспект лекций.	ПК-4, ОПК-1
1.2 Режимы движения жидкости. Истечение газа через отверстия. Уравнение Бернулли. Струйное движение газа. Тепло- и массоперенос. Явления, законы и уравнения переноса вещества, тепла и импульса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия.	4	4	4/2И	2/2И	4	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела б.	Конспект лекций.	ПК-4, ОПК-1
1.3 Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме. Теплопередача		2	4/2И	3/2И	4	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела б.	Конспект лекций.	ПК-4, ОПК-1

1.4 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	5	4/2И	4,15	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела 6.	Конспект лекций.	ПК-4, ОПК-1
Итого по разделу		12	17/4И	11/6И	14,15			
2. Раздел 2. Теплогенерация								
2.1 Теплогенерация за счет сжигания топлива. Основные характеристики топлива. Основы теории горения.	4	3		2/2И	2	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела 6.	Конспект лекций.	ПК-4, ОПК-1
2.2 Расчеты полного и неполного горения топлива. Устройства для сжигания топлива. Теплогенерация за счет электроэнергии.		2		4	2	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела 6.	Конспект лекций.	ПК-4, ОПК-1
Итого по разделу		5		6/2И	4			
Итого за семестр		17	17/4И	17/8И	18,15		экзамен	
Итого по дисциплине		17	17/4И	17/8И	18,15		экзамен	ПК-4,ОПК-1

## **5 Образовательные 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 практических 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 подготовки конспектов.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **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. Теплообмен [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. теплообмен / 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 теплообмена : 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. Теплообмен : 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. Чердниченко, В. А. Синицын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под ред. В. С. Чердниченко. — 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. Сеничкин. - 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. Газодинамика: 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/1/1530>

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

##### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
Linux Calculate	свободно	бессрочно
Adobe Reader	свободно	бессрочно
MS Windows 10 Professional (для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>

Международная коллекция научных протоколов по	<a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>
Международная база научных материалов в области	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная база справочных изданий по всем	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
Международная реферативная база данных по чистой и	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические	<a href="https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii">https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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, мел.

Учебные аудитории 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.

**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. Аккумулирование тепла. Типы аккумуляторов.
26. Тепловая энергия окружающей среды.

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 общинженерные знания		
Знать:	Базовые знания в области естественнонаучных дисциплин; основные проблемы естественнонаучных дисциплин; основные методы решения проблем естественнонаучных дисциплин.	Перечень теоретических вопросов к экзамену: 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.	Примерное практическое задание для экзамена: 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;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>2. От температуры и физических свойств веществ;</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 \text{grad}t</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_{жс1} - t_{жс2}}{\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>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>2. <math>\frac{Вт}{м^2 \cdot град}</math>;</p> <p>3. <math>\frac{Вт}{м \cdot град}</math>;</p> <p>4. <math>Вт</math>.</p> <p>8. Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность передачи теплоты:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. От одной среды к другой;</li> <li>2. Внутри твердых стенок;</li> <li>3. От одной среды к другой через разделительную стенку;</li> <li>4. От жидкостей к твердым стенкам.</li> </ol> <p>9. Число Фурье определяет:</p> <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>Пример задания на решение задач из профессиональной области:</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_v</math>, °С.</p> <p>Необходимо определить:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) общее тепловое сопротивление от газов и воздуху - R, Общий коэффициент теплопередачи K, плотность теплового потока q и количество теплоты Q, теряемое стенкой при трех вариантах указанных в таблице 2;</li> <li>б) найти температуры в стыке слоев <math>t_1, t_2, t_3</math> для тех же вариантов;</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>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);</p> <p>г) определить снижение потерь тепла во втором и третьем вариантах по сравнению с первым (в процентах). Потери при первом варианте принимаются за 100%;</p> <p>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).</p>
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 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.</p>	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</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> <li>4. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.</li> <li>5. Радиационный тепло- и массоперенос. Основные понятия и законы.</li> <li>6. Виды лучистых потоков.</li> <li>7. Сложный теплообмен.</li> <li>8. Теплогенерация за счет сжигания топлива. Основные характеристики топлива.</li> <li>9. Основы теории горения. Расчеты полного и неполного горения топлива.</li> <li>10. Устройства для сжигания топлива. Теплогенерация за счет электроэнергии.</li> </ol>
Уметь:	<p>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>	<p>Примерное практическое задание для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. При каких значениях числа Био тело является термически тонким: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Bi \rightarrow 0</math> ;</li> <li>2. <math>Bi \rightarrow \infty</math> ;</li> <li>3. <math>Bi &lt; 0</math> ;</li> <li>4. <math>Bi \leq 0,25</math> .</li> </ol> </li> <li>2. Какое число подобия является определяемым при расчетах конвективного теплообмена?</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Pr</math>;</li> <li>2. <math>Nu</math>;</li> <li>3. <math>Re</math>;</li> <li>4. <math>Gr</math>.</li> </ol> <p>3. Каким уравнением подобия характеризуется вынужденная конвекция?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Nu = f(Gr, Pr)</math>;</li> <li>2. <math>Nu = f(Re, Pr)</math>;</li> <li>3. <math>Nu = f(Gr, Pr)</math>;</li> <li>4. <math>Nu = f(Gi, 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>1. <math>Re &gt; 1300</math>;</li> <li>2. <math>Re &lt; 9300</math>;</li> <li>3. <math>Re &gt; 10300</math>;</li> <li>4. <math>Re &gt; 2300</math>.</li> </ol> <p>5. Число Рейнольдса определяется по формуле</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Re = \frac{Wd}{\mu}</math></li> <li>2. <math>Re = \frac{Wd}{\nu}</math></li> <li>3. <math>Re = \frac{vd}{W}</math></li> <li>4. <math>Re = \frac{v'l}{W}</math></li> </ol> <p>6. Какое значение поглотительной способности имеет абсолютно черное тело:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>A &lt; 1</math>;</li> <li>2. <math>A = 0</math>;</li> <li>3. <math>A = 1</math>;</li> <li>4. <math>A &gt; 1</math></li> </ol> <p>7. Какой из приведенных законов применяется для расчетов теплообмена излучением?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}</math></li> </ol>



	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 третим вариантом									

Приложение 2

№ варианта	Данные условия задачи №1								
	$S_1$ , м	$S_2$ , м	$\lambda$ , Вт/мК	$\lambda$ , Вт/мК	$t_r$ , °C	$t_b$ , °C	$\alpha_1$ , Вт/м <sup>2</sup> К	$\alpha_2$ , 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

№	$t_{эф}$	D	$t_{нач}$	$\lambda_{ст}$	$C_{ст}$	$\rho_{ст}$	$\alpha$	$t_{пов}$
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.