



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  
В.Р. Храмшин

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ТЕПЛОФИЗИКА**

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

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

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

|                     |   |
|---------------------|---|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра             | Теплотехнических и энергетических систем        |
| Курс                | 2   |
| Семестр             | 3   |

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем

11.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  Е.Г. Неишпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
03.03.2021 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Согласовано:

Зав. кафедрой Литейных процессов и материаловедения

 Н.А. Феоктистов

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС, канд. техн. наук  М.А. Лемешко

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 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

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.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

### **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 обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Физика

Математика

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

Теория литейных процессов

Металлургическая теплотехника

Технология литейного производства

Моделирование процессов и объектов в металлургии

Производство отливок из стали и чугуна

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

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

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции  |
|----------------|---|
| ОПК-2          | Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений |
| ОПК-2.1        | Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач  |
| ОПК-2.2        | Проводит оценку проектных решений и инженерных задач, в том числе экологическую   |
| ОПК-2.3        | Анализирует и оценивает работоспособность предприятия (технических объектов, систем и процессов) с учетом социальных ограничений                              |

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

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

- контактная работа – 55 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 53 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

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. Раздел 1. Понятие теплопередачи  |         |  |           |             |                                 |   |   |                 |
| 1.1 Термодинамика и механика газов. Основные сведения. Энтальпия, теплота. Основные уравнения течения газа. Основные сведения из механики газов.  |         | 5  | 5         | 3           | 1,15                            | Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела б. | Конспект лекций.  |                 |
| 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. | 3       | 4  | 4/4И      | 2/2И        | 4                               | Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела б. | Конспект лекций.  |                 |
| 1.3 Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме. Теплопередача   |         | 2  | 4/2И      | 3/2,4И      | 4                               | Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела б. | Конспект лекций.  |                 |

|  |   |    |       |         |      |   |                  |  |
|--|---|----|-------|---------|------|---|------------------|--|
| 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. |  |
| Итого по разделу   |   | 13 | 18/6И | 12/6,4И | 13,3 |   |                  |  |
| 2. Раздел 2. Теплогенерация  |   |    |       |         |      |   |                  |  |
| 2.1 Теплогенерация за счет сжигания топлива. Основные характеристики топлива. Основы теории горения.   | 3 | 3  |       | 2/2И    | 2    | Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка соответствующих вопросов раздела 6. | Конспект лекций. |  |
| 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. |  |
| Итого по разделу   |   | 5  |       | 6/2И    | 39,7 |   |                  |  |
| Итого за семестр   |   | 18 | 18/6И | 18/8,4И | 17,3 |   | зачёт            |  |
| Итого по дисциплине  |   | 18 | 18/6И | 18/8,4И | 53   |   | зачет            |  |

## **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 тепломассообмена : 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. Сеницын, 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. 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/1/153>

### 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                                | <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>                                 |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)          | 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 различным отраслям  | <a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>   |
| Международная база научных материалов в области физических наук   | <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>   |
| Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний   | <a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>   |
| Международная реферативная база данных по чистой и прикладной   | <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>   |
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer  | <a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>   |
| Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный концорциум» (НП  | <a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>   |
| Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические документы и | <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 общеинженерные знания |   |  |
| Знать:  | Базовые знания в области естественнонаучных дисциплин; основные проблемы естественнонаучных дисциплин; основные методы решения проблем естественнонаучных дисциплин.  | <p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Термодинамика и механика газов.</li> <li>2. Энтальпия, теплота.</li> <li>3. Основные уравнения течения газа.</li> <li>4. Основные сведения из механики газов.</li> <li>5. Режимы движения жидкости.</li> <li>6. Истечение газа через отверстия.</li> <li>7. Уравнение Бернулли. Струйное движение газа.</li> <li>8. Тепло- и массоперенос.</li> <li>9. Явления, законы и уравнения переноса вещества, тепла и импульса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия.</li> </ol>   |
| 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. | <p><b>Примерное практическое задание для экзамена:</b></p> <p><b>1. В каких единицах измеряется количество теплоты?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. °С;</li> <li>2. кг/м;</li> <li>3. Дж;</li> <li>4. Н/м</li> </ol> <p><b>2. Теплопроводность каких материалов наибольшая?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Металлов;</b></li> <li>2. <b>Газов;</b></li> <li>3. <b>Твердых тел - диэлектриков;</b></li> <li>4. <b>Жидкостей.</b></li> </ol> <p><b>3. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>От вида движения жидкости;</b></li> <li>2. <b>От температуры и физических свойств веществ;</b></li> <li>3. <b>От массы и площади поверхности тела;</b></li> <li>4. <b>От количества подведенной теплоты.</b></li> </ol> <p><b>4. Какое из уравнение плотности теплового потока соответствует переносу теплоты теплопроводностью через однослойную плоскую стенку:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q = \frac{\delta}{\lambda}(t_2 - t_1);</math></li> <li>2. <math>q = -\lambda grad t ;</math></li> </ol> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства   |
|---------------------------------|---------------------------------|--|
|                                 |                                 | <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> <p>1. Режим движения жидкости;</p> <p>2. Термическую массивность тел;</p> <p>3. Безразмерное время нагрева;</p> <p>4. Физические параметры вещества.</p> |

| Структурный элемент компетенции   | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства  |
|---|--|---|
| Владеть:  | <p><i>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.</i></p> | <p><i>Пример задания на решение задач из профессиональной области:</i></p> <p><i>Задача 1. Плоская печная стенка состоит из слоя огнеупорного 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_a</math>, °С.</i></p> <p><i>Необходимо определить:</i></p> <p><i>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;</i></p> <p><i>б) найти температуры в стыке слоев <math>t_1</math>, <math>t_2</math>, <math>t_3</math> для тех же вариантов;</i></p> <p><i>в) построить для третьего варианта графики распределения температуры в координатах <math>t-S</math> и <math>t-R</math>; сравнить с температурами, полученными аналитическим путем ( по формулам);</i></p> <p><i>г) определить снижение потерь тепла во втором и третьем вариантах по сравнению с первым (в процентах). Потери при первом варианте принимаются за 100%;</i></p> <p><i>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).</i></p> |
| ПК-4. Готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы |  |   |
| Знать:  | <p><i>Основные определения и понятия базовых</i></p>   | <p><i>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</i></p> <p><i>1. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</i></p>   |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства   |
|---------------------------------|--|--|
|                                 | <p><b>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.</b></p> | <p>2. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме.<br/> 3. Теплопередача. Конвективный тепло- и массоперенос при свободном и вынужденном течении.<br/> 4. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.<br/> 5. Радиационный тепло- и массоперенос. Основные понятия и законы.<br/> 6. Виды лучистых потоков.<br/> 7. Сложный теплообмен.<br/> 8. Теплогенерация за счет сжигания топлива. Основные характеристики топлива.<br/> 9. Основы теории горения. Расчеты полного и неполного горения топлива.<br/> 10. Устройства для сжигания топлива. Теплогенерация за счет электроэнергии.</p>  |
| Уметь:                          | <p><b>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.</b></p>   | <p><b>Примерное практическое задание для экзамена:</b><br/> <b>1. При каких значениях числа Био тело является термически тонким:</b></p> <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> <p><b>2. Какое число подобия является определяемым при расчетах конвективного теплообмена?</b></p> <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><b>3. Каким уравнением подобия характеризуется вынужденная конвекция?</b></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(FO, Pr)</math>;</li> </ol> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения   | Оценочные средства   |
|---------------------------------|---|--|
|                                 |   | <p>4. <math>Nu = f(Bi, Pr)</math></p> <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{vl}{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> <li>2. <math>q = \alpha(t_c - t_{жс})</math></li> <li>3. <math>q = \varepsilon * c_o \left(\frac{T}{100}\right)^4</math></li> </ol> <p>8. Какие газы обладают излучательной и поглотительной способностью?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>He, Ar, Ne</math>;</li> <li>2. <math>N_2, O_2, H_2</math></li> <li>3. <math>H_2O, CO_2, SO_2</math></li> </ol> |
| Владеть:                        | Способами демонстрации умения владеть сбором информации для теплотехнических расчётов. Способами сбора и анализа информации о теплообменных процессах конвекцией, | Пример задания на решение задач из профессиональной области:<br>Задача 2. В печь с постоянной температурой $t_{эф}$ , °С, помещается стальной цилиндр диаметром $D$ , м. Начальная температура металла составляет $t_{нач}$ , °С Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст}$ , Вт/(м град); теплоемкость $C_{ст}$ , кДж/(кг град), плотность $\rho_{ст}$ , кг/м <sup>3</sup> . Коэффициент теплоотдачи от печных газов $\alpha$ Определить   |





|          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|          | <i>аналитически</i>                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|          | <i>графически</i>                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>4</b> | <b>Снижение потерь теплоты по сравнению:</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|          | <i>с первым вариантом</i>                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|          | <i>с вторым вариантом</i>                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|          | <i>с третьим вариантом</i>                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Приложение 2**

| <b>№<br/>варианта</b> | <b>Данные условия задачи №1</b> |            |                    |                    |             |             |                                   |                                   |     |
|-----------------------|---------------------------------|------------|--------------------|--------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|
|                       | $S_1$<br>м                      | $S_2$<br>м | $\lambda$<br>Вт/мК | $\lambda$<br>Вт/мК | $t_2$<br>°C | $t_6$<br>°C | $\alpha_1$<br>Вт/м <sup>2</sup> К | $\alpha_2$<br>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  |

|           |              |              |            |            |             |           |            |           |           |
|-----------|--------------|--------------|------------|------------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| <b>17</b> | <b>0,345</b> | <b>0,115</b> | <b>1,3</b> | <b>0,2</b> | <b>1000</b> | <b>10</b> | <b>125</b> | <b>20</b> | <b>11</b> |
| <b>18</b> | <b>0,46</b>  | <b>0,23</b>  | <b>1,1</b> | <b>0,1</b> | <b>800</b>  | <b>5</b>  | <b>100</b> | <b>20</b> | <b>18</b> |
| <b>19</b> | <b>0,46</b>  | <b>0,115</b> | <b>1,3</b> | <b>0,2</b> | <b>1000</b> | <b>20</b> | <b>15</b>  | <b>17</b> | <b>20</b> |
| <b>00</b> | <b>0,23</b>  | <b>0,23</b>  | <b>1,1</b> | <b>0,1</b> | <b>800</b>  | <b>5</b>  | <b>100</b> | <b>20</b> | <b>18</b> |

Приложение 3

| <b>№</b>  | <b><math>t_{эф}</math></b> | <b><math>D</math></b> | <b><math>t_{нач}</math></b> | <b><math>\lambda_{ст}</math></b> | <b><math>C_{ст}</math></b> | <b><math>\rho_{ст}</math></b> | <b><math>\alpha</math></b> | <b><math>t_{пов}</math></b> |
|-----------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| <b>1</b>  | <b>1300</b>                | <b>0,24</b>           | <b>14</b>                   | <b>30</b>                        | <b>0,54</b>                | <b>7820</b>                   | <b>250</b>                 | <b>1200</b>                 |
| <b>2</b>  | <b>1200</b>                | <b>0,17</b>           | <b>20</b>                   | <b>28</b>                        | <b>0,50</b>                | <b>7840</b>                   | <b>200</b>                 | <b>1120</b>                 |
| <b>3</b>  | <b>1100</b>                | <b>0,15</b>           | <b>40</b>                   | <b>35</b>                        | <b>0,63</b>                | <b>7800</b>                   | <b>180</b>                 | <b>1040</b>                 |
| <b>4</b>  | <b>1400</b>                | <b>0,30</b>           | <b>60</b>                   | <b>28</b>                        | <b>0,61</b>                | <b>7850</b>                   | <b>310</b>                 | <b>1250</b>                 |
| <b>5</b>  | <b>1400</b>                | <b>0,25</b>           | <b>12</b>                   | <b>25</b>                        | <b>0,57</b>                | <b>7810</b>                   | <b>350</b>                 | <b>1100</b>                 |
| <b>6</b>  | <b>1400</b>                | <b>0,28</b>           | <b>50</b>                   | <b>29</b>                        | <b>0,54</b>                | <b>7800</b>                   | <b>340</b>                 | <b>1200</b>                 |
| <b>7</b>  | <b>1300</b>                | <b>0,32</b>           | <b>10</b>                   | <b>30</b>                        | <b>0,52</b>                | <b>7780</b>                   | <b>300</b>                 | <b>1150</b>                 |
| <b>8</b>  | <b>1300</b>                | <b>0,23</b>           | <b>20</b>                   | <b>25</b>                        | <b>0,62</b>                | <b>7820</b>                   | <b>280</b>                 | <b>1200</b>                 |
| <b>9</b>  | <b>1300</b>                | <b>0,20</b>           | <b>25</b>                   | <b>33</b>                        | <b>0,60</b>                | <b>7850</b>                   | <b>270</b>                 | <b>1250</b>                 |
| <b>10</b> | <b>1250</b>                | <b>0,24</b>           | <b>24</b>                   | <b>35</b>                        | <b>0,55</b>                | <b>7850</b>                   | <b>260</b>                 | <b>1150</b>                 |
| <b>11</b> | <b>1250</b>                | <b>0,18</b>           | <b>20</b>                   | <b>27</b>                        | <b>0,51</b>                | <b>7800</b>                   | <b>250</b>                 | <b>1100</b>                 |
| <b>12</b> | <b>1250</b>                | <b>0,19</b>           | <b>10</b>                   | <b>29</b>                        | <b>0,54</b>                | <b>7790</b>                   | <b>255</b>                 | <b>1050</b>                 |
| <b>13</b> | <b>1200</b>                | <b>0,30</b>           | <b>17</b>                   | <b>25</b>                        | <b>0,60</b>                | <b>7800</b>                   | <b>240</b>                 | <b>1080</b>                 |
| <b>14</b> | <b>1200</b>                | <b>0,35</b>           | <b>15</b>                   | <b>30</b>                        | <b>0,52</b>                | <b>7850</b>                   | <b>250</b>                 | <b>1100</b>                 |
| <b>15</b> | <b>1200</b>                | <b>0,23</b>           | <b>20</b>                   | <b>20</b>                        | <b>0,61</b>                | <b>7820</b>                   | <b>240</b>                 | <b>1120</b>                 |
| <b>16</b> | <b>1150</b>                | <b>0,19</b>           | <b>30</b>                   | <b>18</b>                        | <b>0,53</b>                | <b>7830</b>                   | <b>200</b>                 | <b>1060</b>                 |
| <b>17</b> | <b>1150</b>                | <b>0,15</b>           | <b>25</b>                   | <b>23</b>                        | <b>0,55</b>                | <b>7840</b>                   | <b>210</b>                 | <b>1050</b>                 |
| <b>18</b> | <b>1150</b>                | <b>0,20</b>           | <b>14</b>                   | <b>24</b>                        | <b>0,60</b>                | <b>7800</b>                   | <b>220</b>                 | <b>1080</b>                 |
| <b>19</b> | <b>1200</b>                | <b>0,30</b>           | <b>24</b>                   | <b>28</b>                        | <b>0,63</b>                | <b>7850</b>                   | <b>240</b>                 | <b>1100</b>                 |
| <b>20</b> | <b>1400</b>                | <b>0,25</b>           | <b>12</b>                   | <b>25</b>                        | <b>0,57</b>                | <b>7810</b>                   | <b>350</b>                 | <b>1100</b>                 |
| <b>21</b> | <b>1200</b>                | <b>0,30</b>           | <b>15</b>                   | <b>25</b>                        | <b>0,60</b>                | <b>7800</b>                   | <b>240</b>                 | <b>1080</b>                 |

|    |      |      |    |    |      |      |     |      |
|----|------|------|----|----|------|------|-----|------|
| 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 «зачтено»:

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. 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 «не зачтено»:

Студент не 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.