



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

04.02.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ТЕПЛОФИЗИКА**

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Metallurgy of black metals

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

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

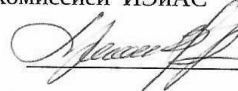
Магнитогорск  
2025 год

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
28.01.2025, протокол № 4

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
04.02.2025г. протокол № 3

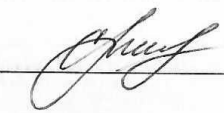
Председатель  В.Р. Храмшин

Согласовано:

Зав. кафедрой Metallurgy and chemical technologies

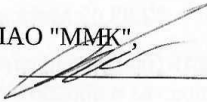
 А.С. Харченко

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры ТиЭС

 М.С. Соколова

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 2026 - 2027 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 2027 - 2028 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 2028 - 2029 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 2029 - 2030 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 2030 - 2031 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; изучение основ теплогенерации. На основе полученных знаний и умений у студентов формируются навыки их применения в профессиональной деятельности при решении специализированных 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:

Математика

Физика

Основы металлургического производства

Информатика и информационные технологии

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

Теория и технология доменного процесса

Технология производства кокса

Учебная - научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

Производственная - технологическая (проектно-технологическая) практика

Разливка и кристаллизация стали

Эксплуатация доменных печей

Теория и технология выплавки стали в кислородных конвертерах

Моделирование процессов и объектов в металлургии

Научно-исследовательская работа

Производственная - преддипломная практика

## **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 трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 8,4 акад. часов;
- аудиторная – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 59,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к зачёту – 3,9 акад. час

Форма аттестации - зачет

| Раздел/ тема дисциплины                                                                                                                                                                                                                             | Курс | 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.                                                                                                    | 2    | 0,3                                          |           | 1           | 9                               | Самостоятельное изучение учебной литературы. Проработка соответствующих вопросов раздела 6. | Конспект лекций                                                 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3 |
| 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. |      | 0,3                                          | 0,5       | 0,5         | 9                               | Самостоятельное изучение учебной литературы. Проработка соответствующих вопросов раздела 6. | Конспект лекций                                                 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3 |
| 1.3 Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме. Теплопередача                                                                                                         |      | 0,3                                          | 0,75      | 1           | 9                               | Самостоятельное изучение учебной литературы. Проработка соответствующих вопросов раздела 6. | Конспект лекций                                                 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3 |
| 1.4 Конвективный тепло- и массоперенос при свободном и вынужденном течении. Гидродинамический и                                                                                                                                                     |      | 0,3                                          | 0,75      | 0,5         | 9                               | Самостоятельное изучение учебной литературы. Проработка                                     | Конспект лекций                                                 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3 |

|                                                                                                                                                      |   |     |   |     |      |                                                                                                                  |                 |                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|---|-----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| тепловой пограничные<br>слои. Радиационный тепло -<br>и массоперенос. Основные<br>понятия и законы. Виды<br>лучистых потоков.<br>Сложный теплообмен. |   |     |   |     |      | соответствующих<br>вопросов<br>раздела 6.                                                                        |                 |                                 |
| Итого по разделу                                                                                                                                     |   | 1,2 | 2 | 3   | 36   |                                                                                                                  |                 |                                 |
| 2. Раздел 2. Теплогенерация                                                                                                                          |   |     |   |     |      |                                                                                                                  |                 |                                 |
| 2.1 Теплогенерация за счет<br>сжигания топлива.<br>Основные характеристики<br>топлива. Основы теории<br>горения.                                     | 2 | 0,4 |   | 0,5 | 12   | Самостоятельное<br>изучение<br>учебной<br>литературы.<br>Проработка<br>соответствующих<br>вопросов<br>раздела 6. | Конспект лекций | ОПК-2.1,<br>ОПК-2.2,<br>ОПК-2.3 |
| 2.2 Расчеты полного и<br>неполного горения топлива.<br>Устройства для сжигания<br>топлива. Теплогенерация за<br>счет электроэнергии.                 |   | 0,4 |   | 0,5 | 11,7 | Самостоятельное<br>изучение<br>учебной<br>литературы.<br>Проработка<br>соответствующих<br>вопросов<br>раздела 6. | Конспект лекций | ОПК-2.1,<br>ОПК-2.2,<br>ОПК-2.3 |
| Итого по разделу                                                                                                                                     |   | 0,8 |   | 1   | 23,7 |                                                                                                                  |                 |                                 |
| Итого за семестр                                                                                                                                     |   | 2   | 2 | 4   | 59,7 |                                                                                                                  | зачёт           |                                 |
| Итого по дисциплине                                                                                                                                  |   | 2   | 2 | 4   | 59,7 |                                                                                                                  | 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.

Целями образовательных и информационных технологий являются:

- активизирование мышления обучающихся;
- формирование интереса к изучаемому материалу;
- развитие интеллекта и творческих способностей обучающихся.

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. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. На занятиях внедряются такие информационные технологии, как использование электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов (через Интернет). Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию. Этапы познавательной деятельности студентов предполагают последовательно постановку интересующей их проблемы, выдвижение гипотез при ее решении, выражение решения гипотезы научным языком, а также реализации продукта в виде публичного выступления, доклада или презентации. Корректировки образовательного процесса проходят с использованием обратной связи между преподавателем и обучающимися на консультациях, а также при текущем и промежуточном контроле.

## **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**

### **а) Основная литература:**

а) Основная литература:

1. 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>
2. Петров, А. И. Техническая термодинамика и теплопередача / А. И. Петров. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 428 с. — ISBN 978-5-507-47350-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362333>

### **б) Дополнительная литература:**

2. 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>

3. 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>

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>

5. Агапитов, Е. Б. Газодинамика : учебное пособие [для вузов] / Е. Б. Агапитов, М. С. Соколова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1510-7. - Загл. с титул. экрана. - URL:

<https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2511> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

6. Цаплин, А. И. Теплофизика в металлургии : учебное пособие / А. И. Цаплин. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 230 с. — ISBN 978-5-398-00043-6. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/160732>

7. Арутюнов, В. А. Теплофизика и теплотехника: Теплофизика: Курс лекций : учебное пособие / В. А. Арутюнов, С. А. Крупенников, Г. С. Сборщиков. — Москва : МИСИС, 2010. — 228 с. — ISBN 978-5-87623-358-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2083>

#### **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://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/3909> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Левицкий, И. А. Теплофизика. Лабораторный практикум : учебное пособие / И. А. Левицкий, С. И. Чибизова, К. С. Шатохин. — Москва : МИСИС, 2023. — 132 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/360356>

#### **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 распространяемое ПО | бессрочно              |
| Adobe Reader                | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса                                                                                       | Ссылка                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature» | <a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>                     |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова                                                  | <a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>         |
| Российская Государственная библиотека. Каталоги                                                      | <a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a> |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»   | URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</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>        |

### 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.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ:

- лаборатория термодинамики: комплекс лабораторных установок по технической термодинамике, комплекс лабораторных установок по изучению процессов теплопередачи, ЛАТР; электропечи, ротационные насосы.

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 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.

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

### **6.1. Оценочные средства для проведения текущего контроля**

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. Уравнение Бернулли.
6. Основы теории подобия. Критерии подобия. Режимы движения жидкости.
7. Виды переноса теплоты. Основные понятия и определения.
8. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия.
9. Коэффициент теплопроводности сталей и факторы, влияющие на него.
10. Стационарная и нестационарная теплопроводность
11. Конвективный теплообмен при свободном и вынужденном движении газов.
12. Критериальные уравнения конвективного теплообмена.
13. Теплообмен излучением. Виды лучистых потоков.
14. Особенности излучения газов.
15. Теплообмен излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве.
16. Угловые коэффициенты излучения.
17. Теплообмен излучением при наличии экранов между поверхностями.
18. Основы теории подобия и моделирования теплотехнических и теплоэнергетических процессов и оборудования.
19. Основы расчета нагрева «тонких» и «массивных» заготовок.
20. Виды химической энергии и способы ее получения.
21. Разрушение и образование молекулярных связей. Выделение и поглощение энергии.
22. Теплогенерация за счет сжигания топлива.
23. Основы теории горения. Полное и неполное горение.
24. Топливосжигающие устройства.
25. Аккумулирование теплоты.

### **6.2 Перечень вопросов-тестов для текущего контроля**

1. В каких единицах измеряется количество теплоты?
  1. °С;
  2. кг/м;
  3. Дж;
  4. Н/м
2. Полным тепловым потоком называется количество теплоты, проходящей через:
  1. Единичную площадь поверхности в единицу времени;
  2. Полную поверхность в единицу времени;
  3. Произвольную поверхность за некоторый промежуток времени;
  4. Единичную площадь поверхности за некоторый промежуток времени.
3. Теплопроводность – это:
  1. Перенос теплоты в результате перемещения или перемешивания неравномерно нагретых жидкостей или газов;
  2. Процесс преобразования внутренней энергии тела в энергию электромагнитных волн;

3. Поглощение энергии излучения другим телом;
4. Молекулярный способ переноса теплоты.
4. Что обозначает знак « - » в формуле закона Фурье  $q = -\lambda \text{grad} \tau$ ?
  1. Передача теплоты от меньшей температуры к большей;
  2. Несовпадение направления теплового потока с направлением вектора температурного градиента;
  3. Передача от одной изотермы к другой;
  4. Направление теплового потока.
5. Теплопроводность каких материалов наибольшая?
  1. Металлов;
  2. Газов;
  3. Твердых тел - диэлектриков;
  4. Жидкостей.
6. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности?
  1. От вида движения жидкости;
  2. От температуры и физических свойств веществ;
  3. От массы и площади поверхности тела;
  4. От количества подведенной теплоты.
7. Какое из приведенных выражений характеризует стационарную теплопроводность?
  1.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} \neq 0$ ;
  2.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} > 0$ ;
  3.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} < 0$ ;
  4.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$
8. Какое из уравнение плотности теплового потока соответствует переносу теплоты теплопроводностью через однослойную плоскую стенку:
  1.  $q = \frac{\delta}{\lambda}(t_2 - t_1)$ ;
  2.  $q = -\lambda \text{grad} t$ ;
  3.  $q = \alpha(t_2 - t_1)$ ;
  4.  $q = \frac{\lambda}{\delta}(t_2 - t_1)$ .
9. По какому из уравнений рассчитывается теплопередача через стенку?
  1.  $q = \frac{\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}$
  2.  $q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$
  3.  $q = \frac{t_{жс1} - t_{жс2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$
10. Указать, какому интервалу значений коэффициента  $\lambda$  соответствует теплопроводность сталей.
  1. 20 – 50 Вт/(м гр)
  2. 0,07 – 4 Вт/(м гр)
  3. 0,007 – 0,07 Вт/(м гр)
11. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?

1.  $\frac{Bm}{m^2}$ ;
2.  $\frac{Bm}{m^2 \cdot \text{град}}$ ;
3.  $\frac{Bm}{m \cdot \text{град}}$ ;
4.  $Bm$ .

12. Укажите, какое из выражений является дифференциальным уравнением теплопроводности:

1.  $q = -\lambda \frac{dt}{dn}$ ;
2.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$ ;
3.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t$ ;
4.  $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = 0$

13. Что характеризует коэффициент температуропроводности:

1. Передачу теплоты от одной жидкости к другой;
2. Отношение способности тела проводить теплоту к способности аккумулировать ее;
3. Передачу теплоты на границе раздела сред;
4. Способность передавать теплоту через стенку

14. Как задаются граничные условия первого рода:

1. Задается температура на границе контакта двух тел;
2. Задается температура на поверхности тела как функция координат и времени;
3. Задается тепловой поток, как функция координат и времени;
4. Задается температура окружающей среды.

15. Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность передачи теплоты:

1. От одной жидкости к другой;
2. Внутри твердых стенок;
3. От одной жидкости к другой через разделительную стенку;
4. От жидкостей к твердым стенкам.

16. По какому закону распределяется температура в цилиндрической стенке:

1. По линейному;
2. По параболе;
3. По логарифмическому;
4. По гиперболе.

17. Число Фурье определяет:

1. Режим движения жидкости;
2. Термическую массивность тел;
3. Безразмерное время нагрева;
4. Физические параметры вещества.

18. При каких значениях числа Био тело является термически тонким:

1.  $Bi \rightarrow 0$ ;
2.  $Bi \rightarrow \infty$ ;
3.  $Bi < 0$ ;
4.  $Bi = 25$

### 6.3 Перечень практических заданий для текущего контроля

#### Задача 1

Сколько нужно кислорода для полного сжигания 1 м<sup>3</sup> топлива следующего состава:

|                                        |                         |
|----------------------------------------|-------------------------|
| CH <sub>4</sub> =.....%                | CO =.....%              |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> =.....%  | H <sub>2</sub> =.....%  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> =.....%  | CO <sub>2</sub> =.....% |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> =.....% | N <sub>2</sub> =.....%  |
| C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> =.....% | H <sub>2</sub> O=.....% |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> =.....%  | O <sub>2</sub> =.....%  |

#### Задача 2

Сколько нужно воздуха для полного сжигания 1 м<sup>3</sup> топлива следующего состава:

|                                        |                         |
|----------------------------------------|-------------------------|
| CH <sub>4</sub> =.....%                | CO =.....%              |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> =.....%  | H <sub>2</sub> =.....%  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> =.....%  | CO <sub>2</sub> =.....% |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> =.....% | N <sub>2</sub> =.....%  |
| C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> =.....% | H <sub>2</sub> O=.....% |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> =.....%  | O <sub>2</sub> =.....%  |

#### Задача 3

Сколько нужно воздуха для полного сжигания 1 кг топлива следующего состава:

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| C <sup>O</sup> =.....% | S <sup>I</sup> =.....% |
| H <sup>O</sup> =.....% | A <sup>C</sup> =.....% |
| O <sup>O</sup> =.....% | W <sup>P</sup> =.....% |
| N <sup>O</sup> =.....% |                        |

#### Задача 4

Сколько нужно кислорода для полного сжигания 1 кг топлива следующего состава:

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| C <sup>O</sup> =.....% | S <sup>I</sup> =.....% |
| H <sup>O</sup> =.....% | A <sup>C</sup> =.....% |
| O <sup>O</sup> =.....% | W <sup>P</sup> =.....% |
| N <sup>O</sup> =.....% |                        |

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

## а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Структурный элемент компетенции                                                                                                                                       | Планируемые результаты обучения                                                                        | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-2 - 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 | <p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</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> |
| ОПК-2.2                                                                                                                                                               | Проводит оценку проектных решений и инженерных задач, в том числе экологическую                        | <p><b>Примерное практическое задание для зачета:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В каких единицах измеряется количество теплоты? <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> </li> <li>2. Теплопроводность каких материалов наибольшая? <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Металлов;</li> <li>2. Газов;</li> <li>3. Твердых тел - диэлектриков;</li> <li>4. Жидкостей.</li> </ol> </li> </ol>                                                                                                  |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                 | <p>3. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. От вида движения жидкости;</li> <li>2. От температуры и физических свойств веществ;</li> <li>3. От массы и площади поверхности тела;</li> <li>4. От количества подведенной теплоты.</li> </ol> <p>4. Какое из уравнение плотности теплового потока соответствует переносу теплоты теплопроводностью через однослойную плоскую стенку:</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> <li>3. <math>q = \alpha(t_2 - t_1);</math></li> <li>4. <math>q = \frac{\lambda}{\delta}(t_2 - t_1).</math></li> </ol> <p>5. По какому из уравнений рассчитывается теплопередача через стенку?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q = \frac{\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}</math></li> <li>2. <math>q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}</math></li> <li>3. <math>q = \frac{t_{жс1} - t_{жс2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}</math></li> </ol> <p>6. Указать, какому интервалу значений коэффициента <math>\lambda</math> соответствует теплопроводность сталей.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 20 – 50 Вт/(м °С )</li> <li>2. 0,07 – 4 Вт/(м °С )</li> <li>3. 0,007 – 0,07 Вт/(м °С)</li> </ol> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения                                                                                                  | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                                                                                                                  | <p>7. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{Вт}{м^2}</math>;</li> <li>2. <math>\frac{Вт}{м^2 \cdot град}</math>;</li> <li>3. <math>\frac{Вт}{м \cdot град}</math>;</li> <li>4. <math>Вт</math>.</li> </ol> <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> |
| ОПК-2.3                         | Анализирует и оценивает работоспособность предприятия (технических объектов, систем и процессов) с учетом социальных ограничений | <p><b>Пример задания на решение задач из профессиональной области:</b></p> <p>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_{г}</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.</p>                                                                                                                                                                                                            |



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

Приложение Б

| №<br>варианта | Данные для задачи №1  |                       |            |             |                        |                        |                         |                         |    |
|---------------|-----------------------|-----------------------|------------|-------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|----|
|               | S <sub>1</sub> ,<br>м | S <sub>2</sub> ,<br>м | λ<br>Вт/мК | λ,<br>Вт/мК | t <sub>г</sub> ,<br>°С | t <sub>в</sub> ,<br>°С | α <sub>1</sub> , Вт/м²К | α <sub>2</sub> , Вт/м²К | 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 |
| 20            | 0,23                  | 0,23                  | 1,1        | 0,1         | 800                    | 5                      | 100                     | 20                      | 18 |

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теплофизика» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности компетенций, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме.

#### **Показатели и критерии оценивания зачета:**

– на оценку **«зачтено»** – обучающийся демонстрирует от высокого до порогового уровня сформированности компетенций: всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности; основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации; в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«не зачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач; обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации.