



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)**

**ТЕПЛОМАССООБМЕН**

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

|                     |                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра             | Теплотехнических и энергетических систем        |
| Курс                | 2, 3                                            |
| Семестр             | 4, 5                                            |

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

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

11.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой



Е.Г. Нешпоренко

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

Председатель



В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры ТиЭС



С.В. Матвеев

Рецензент:

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



В.Н. Михайловский



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)**

***ТЕПЛОМАССООБМЕН***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

|                     |                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра             | Теплотехнических и энергетических систем        |
| Курс                | 2, 3                                            |
| Семестр             | 4, 5                                            |

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

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

11.02.2021, протокол № 6

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

03.03.2021 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС, \_\_\_\_\_ С.В. Матвеев

Рецензент:

зам.нач 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)**

Целями освоения дисциплины «Тепломассообмен» являются: развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль подготовки - Энергообеспечение предприятий.

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

Дисциплина Тепломассообмен входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Математика

Физика

Техническая термодинамика

Гидрогазодинамика

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

Тепломассообменное оборудование предприятий

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Теплоэнергетические системы промышленных предприятий

Высокотемпературные процессы и установки

Теплообмен и тепловые режимы промышленных печей

Электротермические промышленные установки

Энергетика теплотехнологий

Парогенераторы промышленных предприятий

Системы промышленного теплоснабжения

Теплотехнический эксперимент

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

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

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции                                                                                                                      |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1           | Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС |
| ПК-1.1         | Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования                                  |
| ПК-1.2         | Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования                                                       |

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц 324 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 159,95 акад. часов;
- аудиторная – 155 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,95 акад. часов;
- самостоятельная работа – 128,35 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен, 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. Введение. Способы теплообмена.                                                                                         |         |                                              |           |             |                                 |                                                                                                       |                                                                 |                 |
| 1.1 Роль теплообмена в теплоэнергетике. Способы теплообмена.                                                                        | 4       | 3                                            |           |             | 5,3                             | Проработка лекционного материала (Раздел 1 п.6.1 Приложение 1)                                        | Наличие конспектов лекций                                       | ПК-1.1, ПК-1.2  |
| Итого по разделу                                                                                                                    |         | 3                                            |           |             | 5,3                             |                                                                                                       |                                                                 |                 |
| 2. Раздел 2. Стационарные процессы теплопроводности                                                                                 |         |                                              |           |             |                                 |                                                                                                       |                                                                 |                 |
| 2.1 Основные положения теории теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности.                                        | 4       | 2                                            |           |             | 4                               | Проработка лекционного материала (Раздел 2 п 6.1. № 1-16 Приложение 1).                               | Наличие конспектов лекций                                       | ПК-1.1, ПК-1.2  |
| 2.2 Решение дифференциального уравнения теплопроводности для плоской стенки 1-го и 3-го граничных условия. Понятие о теплопередаче. |         | 2                                            | 8/2И      | 2           | 6                               | Проработка лекц. материала. Подг.отчета по лабор. практикуму. (Раздел 2 п 6.1. № 17-21 Приложение 1). | Наличие конспектов лекций                                       | ПК-1.1, ПК-1.2  |
| 2.3 Решение дифференциального уравнения теплопроводности для цилиндрической и шаровой стенок.                                       |         | 3                                            |           | 2/2И        | 4                               | Проработка лекционного материала. (Раздел 2 п 6.1. № 22-24 Приложение 1).                             | Наличие конспектов лекций                                       | ПК-1.1, ПК-1.2  |
| 2.4 Способы интенсификации теплопередачи. Оребрение.                                                                                |         | 2                                            |           | 2           | 6                               | Проработка лекционного материала. (Раздел 2 п 6.1. № 25-36 Приложение 1).                             | Наличие конспектов лекций                                       | ПК-1.1, ПК-1.2  |
| Итого по разделу                                                                                                                    |         | 9                                            | 8/2И      | 6/2И        | 20                              |                                                                                                       |                                                                 |                 |
| 3. Раздел 3. Нестационарные процессы теплопроводности                                                                               |         |                                              |           |             |                                 |                                                                                                       |                                                                 |                 |

|                                                                                                                                          |   |    |       |        |      |                                                                                                       |                                                                                     |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|-------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 3.1 Решение дифференциального уравнения теплопроводности для пластины                                                                    | 4 | 4  | 10/2И | 4      | 20   | Проработка лекц. материала (Раздел 3 п 6.1. № 1-11 Приложение 1). Подг. отчета по лабор. практикуму.  | Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос)                  | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 3.2 Решение дифференциального уравнения теплопроводности для сплошного цилиндра при нестационарном режиме. Нагрев тел конечных размеров. |   | 4  |       | 4/1,5И | 9    | Проработка лекционного материала. (Раздел 3 п 6.1. № 1-13 Приложение 1).                              | Наличие конспектов лекций. Решение тестов.                                          | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу                                                                                                                         |   | 8  | 10/2И | 8/1,5И | 29   |                                                                                                       |                                                                                     |                |
| 4. Раздел 4. Конвективный теплообмен в однородной среде                                                                                  |   |    |       |        |      |                                                                                                       |                                                                                     |                |
| 4.1 Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия к изучению процессов                        | 4 | 4  | 2     | 3/1И   | 4    | Проработка лекц. материала. (Раздел 4 п 6.1. № 1-20 Приложение 1). Подг. отчета по лабор. практикуму. | Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос)                  | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 4.2 Теплоотдача при вынужденном обтекании пластины, течения в каналах, обтекании трубы и пучка труб                                      |   | 6  | 4/2И  | 2      | 9    | Проработка лекц. материала. (Раздел 4 п 6.1. № 21-25 Приложение 1). Подг. отчета по лабор. практикуму | Наличие конспектов лек-ций. Сдача лабораторных работ (устный опрос)                 | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 4.3 Свободная конвекция                                                                                                                  |   | 4  | 2/2И  | 2      | 3    | Проработка лекц. материала. (Раздел 4 п 6.1. № 26-33 Приложение 1). Подг. отчета по лабор. практикуму | Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).                 | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу                                                                                                                         |   | 14 | 8/4И  | 7/1И   | 16   |                                                                                                       |                                                                                     |                |
| 5. Раздел 5. Теплообмен при фазовых превращениях                                                                                         |   |    |       |        |      |                                                                                                       |                                                                                     |                |
| 5.1 Теплообмен при конденсации пара                                                                                                      | 4 | 4  |       | 2/2И   | 4    | Проработка лекционного материала. (Раздел 5 п 6.1. № 1-4 Приложение 1) .                              | Наличие конспектов лекций                                                           | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 5.2 Теплообмен при кипении жидкости (в неограниченном объеме, в условиях вынужденного движения в трубах)                                 |   | 4  | 4/2И  | 2      | 4,15 | Проработка лекц. материала. (Раздел 5 п 6.1. № 5-10 Приложение 1). Подг. отчета по лабор. практикуму  | Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос). Решение тестов. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу                                                                                                                         |   | 8  | 4/2И  | 4/2И   | 8,15 |                                                                                                       |                                                                                     |                |
| 6. Раздел 6. Теплообмен излучением                                                                                                       |   |    |       |        |      |                                                                                                       |                                                                                     |                |

|                                                                                                     |   |    |        |          |       |                                                                                                             |                                                                                        |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|--------|----------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 6.1 Основные законы теплового излучения                                                             | 4 | 2  |        | 2        | 3     | Проработка лекционного материала.<br>(Раздел 6 п 6.1. № 1-17 Приложение 1).                                 | Наличие конспектов лекций                                                              | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 6.2 Лучистый теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой                                |   | 2  | 2/2И   | 2/2И     | 4     | Проработка лекц. материала.<br>(Раздел 6 п 6.1. № 18-29 Приложение 1).<br>Подг. отчета по лабор. практикуму | Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).                    | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу                                                                                    |   | 4  | 2/2И   | 4/2И     | 7     |                                                                                                             |                                                                                        |                |
| 7. Раздел 7. Теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах                                |   |    |        |          |       |                                                                                                             |                                                                                        |                |
| 7.1 Теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах                                         | 4 | 2  | 2/2И   | 4/2И     | 3     | Проработка лекц. материала.<br>(Раздел 7 п 6.1. № 1-16 Приложение 1). Подг. отчета по лабор. практикуму     | Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).<br>Решение тестов. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу                                                                                    |   | 2  | 2/2И   | 4/2И     | 3     |                                                                                                             |                                                                                        |                |
| 8. Раздел 8. Массообмен.                                                                            |   |    |        |          |       |                                                                                                             |                                                                                        |                |
| 8.1 Аналогия процессов массо- и теплообмена. Математическое описание процессов массо- и теплообмена | 4 | 2  |        |          | 2     | Проработка лекционного материала.<br>(Раздел 8 п 6.1. № 1-6 Приложение 1)                                   | Наличие конспектов лекций                                                              | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 8.2 Дифференциальное уравнение и закономерности конвективного массопереноса; массоотдача            |   | 1  |        | 1/1И     | 2     | Проработка лекционного материала.<br>(Раздел 8 п 6.1. № 7-14 Приложение 1).                                 | Наличие конспектов лекций                                                              | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу                                                                                    |   | 3  |        | 1/1И     | 4     |                                                                                                             |                                                                                        |                |
| Итого за семестр                                                                                    |   | 51 | 34/14И | 34/11,5И | 92,45 |                                                                                                             | экзамен                                                                                |                |
| 9. Курсовая работа                                                                                  |   |    |        |          |       |                                                                                                             |                                                                                        |                |
| 9.1 Теплопроводность тел неограниченных размеров при нестационарном                                 | 5 |    |        | 9/2,2И   | 9     | Выполнение задачи №1 практической работы                                                                    | Наличие решенной задачи                                                                | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 9.2 Расчет теплоотдачи вынужденной конвекции при движении жидкости вдоль плоской поверхности        |   |    |        | 9/2,2И   | 9     | Выполнение задачи №2 практической работы                                                                    | Наличие решенной задачи                                                                | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 9.3 Расчет лучистого теплообмена между газом и твердой поверхностью                                 |   |    |        | 9/3,2И   | 9     | Выполнение задачи №3 практической работы                                                                    | Наличие решенной задачи                                                                | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 9.4 Теплообмен при кипении жидкости в трубе                                                         |   |    |        | 9/3,2И   | 8,9   | Выполнение задачи №4 практической работы                                                                    | Наличие решенной задачи                                                                | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу                                                                                    |   |    |        | 36/10,8И | 35,9  |                                                                                                             |                                                                                        |                |

|                     |    |        |              |            |  |                |  |
|---------------------|----|--------|--------------|------------|--|----------------|--|
| Итого за семестр    |    |        | 36/10,8И     | 35,9       |  | зачёт          |  |
| Итого по дисциплине | 51 | 34/14И | 70/22,3<br>И | 128,3<br>5 |  | экзамен, зачет |  |

## **5 Образовательные технологии**

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Тепломассообмен» 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.

В процессе изучения курса «Тепломассообмен» применяются следующие образовательные технологии:

1. Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, для чего при проведении отдельных занятий и организации самостоятельной работы студентов используются электронные версии расчетной работы.

2. Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе при расчетах на практических и лабораторных занятиях, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы.

3. Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей и их группировка в контексте решаемой задачи.

## **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. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/945242>

2. 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> (дата обращения: 06.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

### **б) Дополнительная литература:**

1. 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.

2. Дерюгин, В. В. Тепломассообмен : учебное пособие для вузов / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-8109-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171853>

3. Теплопередача: практическое пособие : учебное пособие / В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина, Н. А. Брыков. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2020. — 69 с. — Текст : электронный // Лань :

электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172206>

4. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие / А. В. Делков, М. Г. Мелкозеров, Д. В. Черненко, Ю. Н. Шевченко. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 102 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165879>

**в) Методические указания:**

1. Матвеев, С.В. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Матвеев. – ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2019. - Режим доступа:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3934.pdf&show=dcatalogues/1/1530507/3934.pdf&view=true>

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

**Программное обеспечение**

| Наименование ПО                           | № договора                | Срок действия лицензии |
|-------------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| MS Windows 7 Professional (для классов)   | Д-757-17 от 27.06.2017    | 27.07.2018             |
| MS Office 2007 Professional               | № 135 от 17.09.2007       | бессрочно              |
| 7Zip                                      | свободно распространяемое | бессрочно              |
| MathCAD v.15 Education University Edition | Д-1662-13 от 22.11.2013   | бессрочно              |
| FAR Manager                               | свободно распространяемое | бессрочно              |
| Linux Calculate                           | свободно распространяемое | бессрочно              |

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

| Название курса                                                                                       | Ссылка                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкордиум» (НЭИКОН)                  | <a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>     |
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature» | <a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>     |
| Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике zbMATH                      | <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>                                 |
| Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference                      | <a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a> |
| Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга                        | <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>         |
| Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний Springer Protocols           | <a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>   |
| Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals                                         | <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>                   |
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий                   | <a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>                                   |

|                                                                                                           |                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science» | <a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</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>   |
| Российская Государственная библиотека. КATALOGI                                                           | <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>                                        |
| Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам                                    | URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                                      |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)                                                        | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.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>        |
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИБИС»                         | <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>                                 |

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

- доска, мел.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ:

- лаборатория тепломассообмена:

- комплекс лабораторных установок по изучению процессов теплопередачи, ЛАТР; электропечи, ротационные насосы.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: - доска, мел, компьютерные классы университета.

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

Самостоятельная работа стимулирует студентов к проработке тем в процессе подготовки к лабораторным и практическим занятиям и при выполнении курсовой работы и осуществляется:

- во время аудиторных практических занятий;
- под контролем преподавателя в форме плановых консультаций, творческих контактов.

### 6.1. Оценочные средства для проведения текущего контроля

Перечень вопросов для текущего контроля

Раздел 1:

1. Какова роль теплоэнергетики в развитии экономики страны?
2. Какие основные задачи развития российской теплоэнергетики вам известны?
3. Физическая сущность процессов переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением.

Раздел 2:

1. Способы переноса теплоты, их основные закономерности. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?
2. Понятие температурного поля.
3. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.
4. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
5. Понятие градиента температуры.
6. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.
7. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?
8. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
9. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
10. В каких случаях требуется задание начальных условий?
11. Как задаются граничные условия 1 рода?
12. Как задаются граничные условия 2 рода?
13. Как задаются граничные условия 3 рода.
14. Как задаются граничные условия 4 рода?
15. Какой тепловой режим называется стационарным?
16. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.
17. Закон Ньютона – Рихмана.
18. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую однослойную стенку.
19. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.
20. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной плоской стенки при  $\alpha = \text{const}$ ?
21. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?
22. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки?
23. Решение д.у. для цилиндрической стенки и граничных условий 1 и 3 го родов.
24. Передача теплоты через многослойную цилиндрическую стенку.
25. Что понимается под процессом теплопередачи?
26. Уравнение теплопередачи.
27. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?

28. Чем отличается  $\alpha$  от  $K$ ?
29. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.
30. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.
31. Что представляет собой внутреннее тепловое сопротивление?
32. Записать выражение полного термического сопротивления для плоской стенки.
33. Методы интенсификации теплопередачи.
34. При  $\alpha_1 \ll \alpha_2$  какой из коэффициентов теплоотдачи следует увеличить для увеличения коэффициента теплопередачи  $K$ ?
35. Плоская стальная стенка с одной стороны омывается дымовыми газами, с другой – водой. С какой стороны следует выполнить оребрение стенки, чтобы увеличить теплопередачу?
36. Привести пример теплообменных аппаратов, работающих при стационарном тепловом режиме.

### Раздел 3:

1. Понятие нестационарного теплового режима.
2. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.
3. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл.
4. Понятие безразмерной температуры.
5. Число Био, его физический смысл.
6. Формула и физический смысл числа Фурье.
7. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).
8. Какие тела называются термически массивными?
9. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.
10. Какие тела называются термически тонкими?
11. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.
12. Принцип расчета нагрева или охлаждения тел конечных размеров.
13. Какие теплообменные аппараты работают при нестационарном тепловом режиме?

### Раздел 4:

1. В каких средах возможна конвекция?
2. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?
3. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?
4. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?
5. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.
6. Режимы движения жидкости.
7. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?
8. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).
9. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?
10. Перечислить дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
11. Чем обусловлена вынужденная конвекция?
12. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл.
13. Определяющие и определяемые числа подобия.
14. Число Рейнольдса, его физический смысл.
15. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл.
16. Понятие динамического пограничного слоя.
17. Понятие теплового пограничного слоя.

18. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?
19. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции
20. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?
21. Структура пограничного слоя при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности.
22. Показать характер изменения теплоотдачи по длине продольно обтекаемой поверхности.
23. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка  $(Pr_{ж}/Pr_c)^{0,25}$  и что она учитывает?
24. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.
25. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.
26. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.
27. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.
28. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?
29. Как определяется режим движения при свободной конвекции?
30. Число Грасгофа, его физический смысл.
31. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.
32. Влияние на интенсивность теплообмена расположения поверхности в пространстве.
33. Принцип расчета переноса теплоты через узкие щели с учетом свободной конвекции.

#### Раздел 5:

1. При каких условиях возможна конденсация пара?
2. Виды конденсации пара. При каком виде конденсации пара наблюдаются наибольшие коэффициенты теплоотдачи?
3. Почему при конденсации и кипении выше коэффициенты теплоотдачи, чем для однофазной жидкости?
4. В каком случае при конденсации пара выше коэффициент теплоотдачи: на горизонтальной или вертикальной трубе?
5. Какие режимы кипения вам известны?
6. Понятие о кривой кипения.
7. Кризисы кипения 1 рода, чем они вызваны?
8. Кризисы кипения 2 рода, чем они вызваны?
9. Какова структура потока при кипении жидкости в вертикальных трубах?
10. При каком режиме кипения выше коэффициенты теплоотдачи: пленочном или пузырьковом?

#### Раздел 6:

1. Физическая сущность процесса теплового излучения.
2. Дайте определение поглотательной способности и степени черноты.
3. Дайте определение спектральной интенсивности излучения.
4. Понятие собственного излучения.
5. Понятие отражательной способности тела.
6. Связь между поглотательной, отражательной и пропускательной способностью тела.
7. Понятие эффективного теплового излучения. Чем оно отличается от собственного излучения?
8. Понятие результирующего излучения.
9. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?

10. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?
11. Какие тела можно считать серыми?
12. Что такое коэффициент излучения?
13. Закон Планка.
14. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).
15. Сформулируйте закон смещения Вина.
16. Закон Кирхгофа.
17. Закон Ламберта.
18. Теплообмен излучением между "телом и оболочкой".
19. Теплообмен излучением в системе тел с экранами.
20. Для чего нужны экраны и какими свойствами они должны обладать?
21. Теплообмен излучением в системе произвольно расположенных тел.
22. Угловые коэффициенты излучения.
23. Понятие взаимной поверхности излучения.
24. Геометрические свойства лучистых потоков.
25. Свойство взаимности.
26. Свойство замыкаемости.
27. Свойство невогнутости
28. Свойство совмещаемости.
29. Свойство затеняемости.

#### Раздел 7:

1. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающей среде.
2. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающе - излучающей среде.
3. Оптическая толщина среды.
4. Поглощательная способность газа.
5. Закон Бугера.
6. Число Бугера.
7. Коэффициент ослабления среды.
8. Особенности излучения газов и паров.
9. Какие газы способны излучать и поглощать лучистую энергию?
10. Какие газы можно считать прозрачными для тепловых лучей?
11. Степень черноты газа, ее определение.
12. Использование номограмм для определения степени черноты газов.
13. От чего зависит степень черноты газа.
14. Лучистый теплообмен между газовой средой и поверхностью твердого тела.
15. Сложный теплообмен. Числа радиационного подобия.
16. Число Старка.

#### Раздел 8:

1. Аналогия процессов теплообмена и массообмена.
2. Понятие диффузии, ее характеристики.
3. Концентрационная диффузия, ее закономерности. Закон Фика.
4. Коэффициент диффузии.
5. Понятие термодиффузии.
6. Понятие бародиффузии.
7. Основные закономерности молекулярного массопереноса.
8. Уравнение массоотдачи.
9. Основные закономерности конвективной диффузии (молярного массопереноса).
10. Массоотдача на границе поверхность – окружающая среда.
11. Диффузионный пограничный слой.
12. Диффузионное число Нуссельта.
13. Числа и уравнения подобия для массопереноса.

14. Конвективная массоотдача при вынужденном обтекании плоской поверхности.

### Перечень вопросов-тестов для текущего контроля

#### Тесты по разделам 1-3:

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  $q = -\lambda \text{grad} t$ ?
  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.  $q = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

10. Указать, какому интервалу значений коэффициента  $\alpha$  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.  $\frac{Вт}{м^2};$

2.  $\frac{Вт}{м^2 \cdot град};$

3.  $\frac{Вт}{м \cdot град};$

4.  $Вт.$

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

1.  $q = -\lambda \frac{dt}{dn};$

2.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0;$

3.  $\frac{\partial \alpha}{\partial \tau} = a \nabla^2 t;$

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.  $Bi = 25$ .

#### Тесты по разделам 4-5.

1. Процесс теплоотдачи - это:
  1. Перенос теплоты в движущейся среде молярными объемами;
  2. Передача теплоты через стенку;
  3. Передача теплоты в движущейся среде молярными объемами;
  4. Передача теплоты на границе раздела сред а – твердое тело.
2. Размерность коэффициента теплоотдачи:
  1.  $\frac{Вт}{м^2 \cdot град}$ ;
  2.  $\frac{Вт}{м^2}$ ;
  3.  $\frac{Вт}{м \cdot град}$ ;
  4.  $\frac{Вт}{м}$
3. Свободная конвекция - это перенос теплоты при:
  1. Движении жидкости от одного тела к другому;
  2. Движении жидкости под действием нагнетателя;
  3. Движении газов, вызванном ветром;
  4. Движении жидкости под действием разности плотностей, вызванной разностью температур.
4. Числа подобия – это:
  1. Комплекс величин, имеющих ту одинаковую размерность;
  2. Комплекс теплофизических величин среды;
  3. Величины, определяющие геометрическое подобие процессов;
  4. Безразмерные комплексы, составленные из размерных разнородных величин.
5. Какое число подобия является определяемым при расчетах конвективного теплообмена?
  1.  $Pr$ ;
  2.  $Nu$ ;
  3.  $Re$ ;
  4.  $Gr$ .

6. Каким уравнением подобия характеризуется вынужденная конвекция?

1.  $Nu = f(G, Pr)$ ;
2.  $Nu = f(Re, Pr)$ ;
3.  $Nu = f(F, Pr)$ ;
4.  $Nu = f(B, Pr)$

7. Какое из уравнений (в общем виде) используется для расчета коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции?

1.  $Nu = c (Gr \cdot Pr)^m$
2.  $Nu = c Re^n Pr^m$
3.  $Nu = c (Re \cdot Pr)^n (Gr \cdot Pr)^m$

8. Число подобия Прандтля определяет:

1. Режим движения жидкости;
2. Физические свойства среды;
3. Отношение подъемных сил к силам вязкости
4. Температурный коэффициент объемного расширения

9. Какие уравнения используются на практике для расчетов процессов теплоотдачи:

1. Дифференциальные
2. Аналитические
3. Статистические
4. Уравнения подобия.

10. Какие значения  $Re$  соответствуют турбулентному режиму движения жидкости в трубах:

1.  $Re > 1300$ ;
2.  $Re < 930$ ;
3.  $Re > 1030$ ;
4.  $Re > 2300$ .

11. У какой пары коэффициентов совпадают размерности:

1.  $\lambda, \beta$ ;
2.  $k, \lambda$ ;
3.  $\alpha, k$ ;
4.  $\beta, k$

12. Конвекция - это процесс переноса теплоты за счет:

1. Соударения молекул газа;
2. Диффузии свободных электронов в чистых металлах;
3. Колебаний атомов в узлах кристаллической решетки тел;
4. Перемещения и перемешивания неравномерно нагретых объемов жидкости (газа).

13. Число Рейнольдса определяется по формуле

- |                          |                          |                        |                       |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1. $Re = \frac{Wd}{\mu}$ | 2. $Re = \frac{Wd}{\nu}$ | 3. $Re = \frac{wd}{W}$ | 4. $Re = \frac{w}{W}$ |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|

14. При конденсации пара:

1. Теплота поглощается;
2. Теплота может и поглощаться, и выделяться;
3. Теплота не поглощается и не выделяется;
4. Теплота выделяется.

### Тесты по разделам 6-8.

1. Тепловое излучение – это процесс переноса теплоты за счет:

1. Колебаний атомов в кристаллической решетке излучающего тела;
2. Соударения молекул газа;
3. Перемещения объемов жидкости или газа;

4. Преобразования внутренней энергии тел в энергию электромагнитного излучения.

2. Какой вид излучения обладает тепловыми свойствами:

1. Космическое;
2. Инфракрасное;
3. Видимое;
4. Рентгеновское

3. Какое значение поглощательной способности имеет абсолютно черное тело:

1.  $A < 1$ ;
2.  $A = 0$ ;
3.  $A = 1$ ;
4.  $A > 1$

4. Размерность коэффициента излучения абсолютно черного тела:

1.  $Вт/м^2 \cdot K$ ;
2.  $Вт/м^2 \cdot K^4$ ;
3.  $Вт/м^2 \cdot K^4$ ;
4.  $Дж/м^2 \cdot K$

5. Какой из приведенных законов применяется для расчетов теплообмена излучением?

1.  $q = -\lambda \frac{\partial}{\partial n}$
2.  $q = \alpha(t_c - t_{жс})$
3.  $q = \varepsilon \cdot c_o \left(\frac{T}{100}\right)^4$
4.  $q = \kappa(t_{жс1} - t_{жс2})$

6. Какие газы обладают излучательной и поглощательной способностью?

1. He, Ar, Ne
2. N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>
3. H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>
4. Co, Cu, Fe/

7. Плотность потока массы определяется:

1. Законом Фика
2. Законом Фурье
3. Законом Ньютона-Рихмана
4. Законом Стефана-Больцмана.

8. Коэффициент D в уравнении Фика это:

1. Коэффициент теплопроводности;
2. Коэффициент теплоотдачи;
3. Коэффициент теплопередачи;
4. Коэффициент диффузии.

9. Пограничный слой в теории массообмена называется:

1. Гидродинамическим;
2. Диффузионным;
3. Тепловым;

4. Слой сопротивления.

10. Диффузионный термоэффект это:

1. Молекулярный перенос теплоты;
2. Молекулярный диффузионный перенос теплоты;
3. Молярный перенос теплоты;
4. Молярно-диффузионный перенос теплоты.

Практическая работа выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя. При выполнении практической работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В начале изучения дисциплины преподаватель предлагает обучающимся на выбор перечень тем практических работ. Обучающийся самостоятельно выбирает тему работы. Совпадение данных к практическим работам у студентов одной учебной группы не допускается.

Исключительно важным является использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по выбранной им теме.

В процессе расчета практической работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Преподаватель, проверив работу, может возвратить ее для доработки вместе с письменными замечаниями. Обучающийся должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего работа окончательно оценивается.

Примерный перечень тем практических работ и пример задания представлены в разделе 7 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации».

## 7 Оценочные средства проведения промежуточной аттестации

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

| Код индикатора                                                                                                                                                      | Индикатор достижения компетенции                                                                                     | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-1 – Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС</b> |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| ПК-1.1                                                                                                                                                              | Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования | <p><i>Примерные темы практических заданий</i></p> <p>1. ЗАДАЧА. Оконный стеклопакет состоит из трех слоев стекла толщиной по 4 мм каждый. Между стеклами находятся слои сухого неподвижного воздуха толщиной 10 мм. Площадь поверхности окна 3 м<sup>2</sup>. Разность температур на внешних поверхностях стекол 30 °С. Определить потери теплоты через окно, если коэффициенты теплопроводности стекла <math>\lambda_{ст} = 0,74</math> Вт/м·К, воздуха <math>\lambda_{возд} = 2,45 \cdot 10^{-2}</math> Вт/м·К.</p> <p>2. ЗАДАЧА. Определить плотность теплового потока (<math>q</math>, Вт/м<sup>2</sup>) в процессе теплопередачи от дымовых газов к кипящей пароводяной смеси через стальную стенку толщиной <math>\delta = 8</math> мм. Температура газов <math>t_1 = 1000</math> °С, температура смеси <math>t_2 = 200</math> °С. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке <math>\alpha_1 = 40</math> Вт/м<sup>2</sup>·К, от стенки к пароводяной смеси <math>\alpha_2 = 4000</math> Вт/м<sup>2</sup>·К, коэффициент теплопроводности стенки <math>\lambda = 40</math> Вт/м·К. Рассчитать также температуры стенки с обеих сторон <math>t_{c1}</math> и <math>t_{c2}</math>.</p> <p>3. ЗАДАЧА: Какую толщину должна иметь изоляция, если ее наложить на плоскую стальную стенку толщиной 20 мм, чтобы тепловые потери уменьшились в два раза. Коэффициент теплопроводности стали <math>\lambda_{ст} = 40</math> Вт/м·К, а материала изоляции <math>\lambda_{и} = 0,125</math> Вт/м·К, коэффициент теплоотдачи с одной стороны стенки <math>\alpha_1 = 500</math> Вт/м<sup>2</sup>·К, а с другой <math>\alpha_2 = 80</math> Вт/м<sup>2</sup>·К.</p> <p>4. ЗАДАЧА. По чугунному трубопроводу диаметром <math>d_2 = 50</math> мм, <math>d_1 = 44</math> мм движется пар с температурой 315 °С. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе <math>\alpha_1 = 120</math> Вт/м<sup>2</sup>·К. Температура окружающего воздуха 20 °С, коэффициент теплоотдачи <math>\alpha_2 = 12</math> Вт/м<sup>2</sup>·К. Найти тепловые потери, если трубопровод изолирован слоем пеношамота <math>\delta = 50</math> мм. <math>\lambda_{пеношамота} = 0,3</math> Вт/м·К, <math>\lambda_{чугуна} = 90</math> Вт/м·К.</p> <p>5. ЗАДАЧА. Для уменьшения потерь теплоты от паропровода диаметром <math>d_2 = 25</math> мм предлагаются изоляционные материалы: асбест <math>\lambda = 0,151</math> Вт/м·К, стекловата <math>\lambda = 0,047</math> Вт/м·К. Какой материал целесообразнее принять в качестве изоляции, если коэффициент теплоотдачи к окружающей среде <math>\alpha_2 = 8</math> Вт/м<sup>2</sup>·К.</p> |

| Код<br>индикатора | Индикатор<br>достижения<br>компетенции                                                          | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1.2            | Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования | <p><i>Примеры тем практической работы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нестационарная теплопроводность;</li> <li>2. Конвективный теплообмен при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности;</li> <li>3. Теплообмен излучением между газом и твердой поверхностью;</li> <li>4. Теплообмен при кипении жидкости.</li> </ol> <p><b>ПРИМЕР ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ:</b></p> <p><i>Задача 1. Нестационарная теплопроводность</i></p> <p>Металлическая заготовка, имеющая форму пластины (цилиндра) неограниченной длины, толщиной <math>2\delta</math> (или диаметром <math>2r_0</math>), с начальной температурой <math>t_0</math>, нагревается в печи, температура которой <math>t_{ж}</math> поддерживается постоянной, до конечной температуры по оси заготовки <math>t_{ц}^{кон.}</math>. Считая длину заготовки большой по сравнению с толщиной (или диаметром), определить:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Время нагревания заготовки до заданной конечной температуры;</li> <li>2) Температуры на оси и поверхности заготовки для различных моментов времени (с использованием номограмм Будрина);</li> <li>3) Распределение температуры по толщине заготовки для четырех моментов времени (с использованием аналитических формул);</li> <li>4) Количество теплоты, подведенное к телу в течение всего периода нагревания (на <math>1\text{ м}^2</math> поверхности пластины или на 1 м длины цилиндра);</li> <li>5) По результатам расчетов п.2 и п.3 построить графики.</li> </ol> <p><i>Задача 2. Конвективный теплообмен при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности</i></p> <p>Плоская пластина длиной 1 м обтекается продольным потоком жидкости (газа) со скоростью <math>\omega_0</math> м/с. Температура набегающего потока <math>t_{ж0}^0</math> °С. Задана температура поверхности пластины <math>t_c = \text{const}</math>.</p> <p>Найти:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. критическую координату <math>x_{кр}</math> точки перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный;</li> <li>6. толщины динамического <math>\delta</math> и теплового <math>\delta_t</math> пограничных слоев на различных расстояниях от передней кромки пластины;</li> <li>7. значения местных коэффициентов теплоотдачи <math>\alpha_x</math> на различных расстояниях от передней кромки</li> </ol> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                                  | <p>пластины;</p> <p>8. средние коэффициенты теплоотдачи <math>\bar{\alpha}</math> для участков с различными режимами течения.</p> <p>9. Построить графики <math>\delta=f(x)</math>, <math>\kappa=f(x)</math>, <math>\alpha=f(x)</math>.</p> <p><i>Задача 3. Теплообмен излучением между газом и твердой поверхностью</i></p> <p>Дымовые газы заданного состава движутся в газоходе сечением <math>A \times B</math>. Общее давление газов 98,1 кПа. Температура газов на входе в газоход <math>t_{г'}</math> и на выходе <math>t_{г''}</math>. Средняя температура поверхности газохода <math>t_c</math>. Вычислить:</p> <p>5. плотность теплового потока, обусловленного излучением от дымовых газов к поверхности газохода;</p> <p>6. условный коэффициент теплоотдачи излучением.</p> <p>Примечание: степень черноты газов определить двумя методами</p> <p>а) – с помощью номограмм;</p> <p>б) – по формуле.</p> <p><i>Задача 4. Теплообмен при кипении жидкости</i></p> <p>В трубе внутренним диаметром <math>d=18</math> мм движется кипящая вода со скоростью <math>w=1</math> м/с. Вода находится под давлением <math>p = 8 \cdot 10^5</math> Па [2]. Определить:</p> <p>1. Значение коэффициента теплоотдачи от стенки к кипящей воде, если температура внутренней стенки <math>t_c</math> лежит в интервале от <math>t_c = t_s f(p) + 2</math> до <math>1,2 \cdot t_s f(p)</math> °С.</p> <p>2. Определить плотность теплового потока для каждой температуры стенки.</p> <p>3. Построить кривую кипения для заданного температурного напора стенки.</p> <p>4. Определить критическую тепловую нагрузку при кипении жидкости в трубе по кривой кипения.</p> <p>5. Определить температуру стенки трубы при наступлении критической тепловой нагрузки по кривой кипения.</p> |

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Тепломассообмен» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена, в форме выполнения и защиты курсовой работы, зачета.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

- на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: 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 «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

- «зачтено» - обучающийся справился с решением комплексных задач и защитил практическую работу.
- «не зачтено» - обучающийся не справился с решением комплексных задач и с выполнением практической работы.